

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



**El costo de las perturbaciones eléctricas  
en empresas industriales y empresas  
de economía digital.**

PRESENTADO POR:

**DANILO JOSUÉ GÓMEZ FIGUEROA**

**VÍCTOR MANUEL JEREZ QUESADA**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2010

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL :**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIO :**

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**DIRECTOR :**

**ING. JOSÉ WILBER CALDERÓN URRUTIA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título :

**El costo de las perturbaciones eléctricas  
en empresas industriales y empresas  
de economía digital.**

Presentado por :

**DANILO JOSUÉ GÓMEZ FIGUEROA  
VÍCTOR MANUEL JEREZ QUESADA**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

**ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ**

San Salvador, Agosto de 2010

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

**ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

**De Víctor Manuel Jerez Quesada:**

**A DIOS:**

Por acompañarnos siempre y darnos la sabiduría y fuerza para continuar hasta el final.

**A MI PADRE:**

Por su apoyo incondicional, por todas sus enseñanzas y por enseñarme a nunca rendirme.

**A MI MADRE:**

Por su eterno amor y comprensión en los momentos de mayor dificultad y por los valores inculcados.

**A MIS HERMANOS Y DEMÁS FAMILIA:**

Por toda la ayuda siempre que la necesite y por creer siempre en mí.

**A MIS AMIGOS:**

Compañeros de estudio que a base de esfuerzos culminamos juntos nuestra carrera y nos convertimos en más que colegas... hermanos.

**A MI NOVIA:**

Por llegar en el momento indicado, para darme su amor, apoyo y ayuda en la recta final de mi carrera

## **De Danilo Josué Gómez Figueroa:**

Doy gracias a Dios por permitirnos este logro en nuestras vidas, fortaleciéndonos con sabiduría, acompañándonos en esos momentos difíciles y que nos animaste para no retroceder en los momentos que se daban por perdidos para llegar hasta el final.

Agradeciendo a mis padres en apoyarme en mi educación, consejos y nunca rendirse por darme lo mejor para que saliera adelante.

Agradeciendo la compañía y amistad brindada por mis hermanos, primos, tía, novia, compañeros de estudio que estuvieron conmigo apoyándome todo el tiempo.

# TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULOS	PÁGINAS
TABLA DE CONTENIDOS.....	5
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE TABLAS .....	11
Introducción.....	12
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos. ....	14
Alcances y Limitaciones .....	15
Alcance:.....	15
Limitación:.....	15
Capítulo 1. Introducción al Método de Estudio.....	16
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Tipos de perturbaciones de Energía .....	16
1.3 Introducción al costo de las perturbaciones eléctricas en empresas. ....	18
1.4 Objetivos del estudio. ....	19
1.5 Enfoque para tasas de costos. ....	20
1.6 Industrias y establecimientos encuestados:.....	20

Capítulo 2. Metodología para la determinación de la muestra .....	23
2.1 Población o Universo :.....	23
2.2 Muestra: .....	23
2.3 Selección de Método de Muestreo .....	24
Muestreo:.....	24
2.4 Determinación de estratos.....	28
2.5 Aplicación del método.....	29
2.6 Determinación del Tamaño de la muestra.....	30
Capítulo 3. Metodología de Aplicación de la Encuesta .....	35
3.1 Desarrollo de la Encuesta .....	35
3.2 Escenarios de Interrupciones.....	35
3.3 Valoración de Impacto.....	36
3.4 Plan de Prueba o Plan Piloto.....	37
3.5 Distribución de encuestas. ....	39
3.6 Depuración de datos. ....	41
3.6.1 Datos Perdidos Manualmente .....	41
<b>Valores de costos perdidos.</b> .....	41
3.6.2 Datos Atípicos de Análisis Manualmente.....	41
<b>Tasas máximas o excedentes.</b> .....	42
<b>Eliminación de otros datos atípicos.</b> .....	43
3.7 Análisis .....	43
3.7.1 Pérdidas de Producción.....	44
3.7.2 Costos variables .....	44

<b>3.7.3 Ahorros Variables</b> .....	45
3.7.4 Costo neto.....	45
3.7.5 Costos promedio anuales por suspensión de servicio eléctrico. ....	45
3.8 Instrumentos de encuesta.....	45
3.9 Encuesta Versión Final .....	46
3.10 Desarrollo de distribución de encuestas .....	71
Capítulo 4. Costos de Interrupciones Individuales y Acumulados .....	73
4.1 Frecuencia y duración de las Interrupciones.....	75
4.2 Costos anuales por Interrupciones de Energía para empresas por sector. ....	78
4.3 Costos anuales acumulados por interrupciones de energía eléctrica. ....	81
Capítulo 5: Costos asociados a Fenómenos de Calidad de Energía.....	82
5.1 Experiencia de las Empresas en los Fenómenos de PQ. ....	82
5.2 Costos anuales por Empresa.....	85
5.3 Costos agregados de todas las empresas .....	86
Conclusiones .....	88
REFERENCIAS .....	93
Anexo A – Depuración por Sector .....	94

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINAS
Figura 4-1. Costo Promedio en Pérdidas de Producción para diferentes Escenarios de Interrupciones.....	74
Figura 4-2. Costo Promedio en Pérdidas de Producción para diferentes Escenarios de Interrupciones por sector y duración. ....	75
Figura 4-3. Porcentaje Interrupciones ocurridas por empresas en un año Típico....	76
Figura 4-4 Duración Promedio de Interrupciones en un año típico .....	77
Figura 4-5. Costo promedio anual de Interrupciones y Perturbaciones Eléctricas por sector.....	78
Figura 4-6. Comparación entre los costos promedio anual de Interrupciones con su factura eléctrica y la compensación promedio percibida por el sector.....	79
Figura 4-7 Costo promedio anual de energía por empresas vs. Consumo anual sin diferenciar sector ni tamaño.....	80
Figura 4-8 Costos totales de interrupciones y perturbaciones eléctricas por sector	81
Figura 5-1 Porcentaje de Eventos relacionados a PQ por sector.....	83
Figura 5-2. Porcentaje de fenómenos de PQ reportados por las empresas de los respectivos sectores .....	84
Figura 5-3. Costo Promedio Anual por problemas de PQ por empresa en su respectivo sector.....	85
Figura 5-4. Costo Promedio Anual por problemas de PQ, empresas clasificadas por consumo promedio anual.....	86
Figura 5-5. Costo Total Anual por problemas de PQ de empresas por sector. ....	87

## LISTA DE TABLAS

TABLAS	PÁGINAS
Tabla 2.1: Resumen de establecimientos según su Sector y Tamaño. ....	30
Tabla 2.2. Resumen de los Cálculos Obtenidos del Tamaño Muestral.....	33
Tabla 2.3. Resumen de los Cálculos Obtenidos con mayor precisión.....	34
Tabla 2.4. Resumen final de establecimientos según su Sector y Tamaño a ser Encuestado.....	34
Tabla 3.1 Escenarios críticos a ser encuestados .....	36
Tabla 3.2. Resumen final distribución de encuestas completas por sector y tamaño .....	71

## Introducción

La importancia de un suministro eléctrico confiable, de alta calidad crece a medida que la tecnología digital aparece en aplicaciones que van desde comercio electrónico, hasta controladores de procesos en los circuitos internos de tostadoras, lavadoras, televisores, etc. Con este cambio a una sociedad digital, las actividades productivas se han vuelto cada vez más sensibles a perturbaciones en el suministro eléctrico.

Tales perturbaciones no solo incluyen las interrupciones o apagones, sino también los fenómenos que afectan la calidad de energía (incluyendo sags, swells, transitorios, armónicos, etc.).

En el presente trabajo de graduación, pretendemos por medio de un estudio minucioso, obtener un estimado definitivo de los costos directos de perturbaciones eléctricas para las empresas de El Salvador, mejor dicho, extrapolando de anécdotas o estudios confinados a una sola instalación o local, en un territorio determinado o un simple apagón, se hará el intento de encuestar una muestra representativa de empresas clientes en El Salvador. En sectores claves, acerca de los costos sufridos por suspensiones temporales de servicio eléctrico y fenómenos PQ (Power Quality).

Tres sectores de la economía salvadoreña, son particularmente sensibles a las perturbaciones eléctricas:

**La Economía Digital (DE):** Este sector incluye empresas que manejen almacenamiento y recuperación de datos, procesamiento de datos, búsqueda o desarrollo de operaciones realmente pesadas, industrias específicas como las telecomunicaciones, servicios de almacenamiento y recuperación de datos

(incluyendo servicios de colocación u hoteles por Internet), biotecnología, fabricación de componentes electrónicos, y el sector financiero.

**Procesos de Fabricación Continua (CPM):** Este sector incluye instalaciones manufactureras continuamente alimentadas por materia prima, a menudo a altas temperaturas a través de procesos industriales. Industrias específicas incluyen papel, químico, petróleo, caucho y plástico, piedra, yeso, vidrio, y metales primarios.

**Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES):** Este sector incluye todas las industrias manufactureras restantes, más servicios de transporte y servicios públicos, ferrocarriles, transporte masivo, agua y tratamiento de agua.

De estos sectores se pretende obtener, de las encuestas respondidas, los costos directos e indirectos, e inclusive posibles ahorros por las interrupciones al servicio eléctrico, en función de su duración y frecuencia, así como de su consumo de KWh; y determinar qué sector tiene mayor impacto a las interrupciones y con respecto a los fenómenos de mala calidad de energía.

En El Salvador, se encuentra vigente de manera parcial desde 2005, la norma de calidad en sistemas de distribución SIGET [1]. Esto representa un avance, ya que las normas constituyen una de las herramientas técnicas de mayor importancia para hacerle frente al problema tratado en éste trabajo de graduación. Sin embargo, debido a la evolución propia de nuestro sistema eléctrico, la aplicación plena de la norma (por ejemplo; armónicos y Flicker) ha sido pospuesta hasta el 2012; por otra parte, fenómenos de calidad de la energía tales como el desbalance de voltaje no han sido incluidos en la versión actual de la misma. A nadie escapa la importancia que este fenómeno representa para el sector manufacturero.

## Objetivos

### Objetivo General.

- Obtener un estimado de los costos directos de las perturbaciones eléctricas (interrupciones y fenómenos de calidad de la energía) en empresas industriales y empresas de economía digital en El Salvador.

### Objetivos Específicos.

- Estimar los costos directos de las perturbaciones eléctricas en empresas industriales y empresas de economía digital.
- Estimar los costos individuales y agregados de interrupciones de corta duración y larga duración.
- Estimar los costos de los fenómenos de calidad de la energía, incluyendo fenómenos que no han sido considerados en la versión actual de la norma SIGET [1].

## **Alcances y Limitaciones**

### **Alcance:**

- Realizar un estudio dirigido a una muestra representativa de consumidores salvadoreños en sectores clave acerca de los costos que experimentan debido a interrupciones y fenómenos de calidad de la energía.

### **Limitación:**

- La disposición de las empresas de responder las encuestas, en especial a las preguntas específicas a sus costos de operación y de mantenimiento, así como la credibilidad a la discreción que ofrecemos de la información brindada.

# Capítulo 1. Introducción al Método de Estudio

## 1.1 Antecedentes

Ya que la economía salvadoreña se ha vuelto cada vez más dependiente de tecnologías de información sofisticada, procesos industriales controlados por computadoras, y circuitos digitales, la importancia de la confiabilidad, energía eléctrica de alta calidad, han crecido acorde a lo mencionado anteriormente. La interconexión de los sistemas de comunicación, redes de datos y suministros y cadenas de distribución locales de energía, da a las interrupciones al servicio eléctrico consecuencias nacionales y globales.

Además, la creciente confianza de la sociedad, en la circuitería digital, ha hecho que aun breves interrupciones eléctricas sean costosas. Muchos componentes electrónicos son afectados por interrupciones menores a un segundo, o por fluctuaciones de voltaje u otras distorsiones de la señal eléctrica, que en años atrás podría haber pasado virtualmente desapercibida. Tal comportamiento hacia las perturbaciones de energía no es solo para servicios de sitios webs u hoteles por internet, sino también para instalaciones industriales confiadas en sus motores eléctricos y controles eléctricos, para los procesos de fabricación. De hecho, perturbaciones de energía afectan a todos los que usen equipo digital, incluyendo dispositivos comunes en el hogar como televisores y microondas.

## 1.2 Tipos de perturbaciones de Energía

Usualmente asociamos las interrupciones con problemas en el suministro eléctrico. Pero al menos hay dos tipos de perturbaciones de energía que pueden crear costos para las empresas: *interrupciones y fenómeno de calidad de energía (PQ)*

**Apagón o Interrupción del servicio eléctrico [2].** Una interrupción es una pérdida completa de energía en el punto de entrega – esto es, cero voltios. Los apagones

pueden durar desde una fracción de segundos (También conocido como interrupción momentánea) a muchas horas en cualquier sitio.

**Interrupción [1]:** Se considerará como interrupción toda falta de suministro de energía eléctrica en el punto de entrega al usuario.

**Interrupción Momentánea [1]:** Son aquellas interrupciones que tienen una duración limitada hasta de tres (3) minutos, el cual es el tiempo requerido para restablecer los dispositivos de control y protección.

**Interrupción Sostenida [1]:** Cualquier interrupción no clasificada como momentánea.

**Fenómeno de Calidad de energía (PQ) [2].** Ampliamente hablando, Calidad de Energía es una medida de que tan buena es la potencia o energía eléctrica entregada por la compañía distribuidora ante la necesidad de las cargas conectadas - si las cargas no experimentan problemas operacionales, entonces, para esta medida, PQ es adecuado. Mediciones menos subjetivas de PQ notan cualquier desviación en amplitud, forma, etc. En las formas de onda de voltaje y corriente de la forma ideal, e incluye eventos de corta duración - tales como Sags (disminución en el nivel de voltaje) y Swells (incremento en el nivel de voltaje) de voltaje y transientes - o condiciones a largo plazo como lo son los armónicos y desbalances de voltajes de fase.

Las interrupciones pueden resultar de fallas en los sistemas de transmisión o distribución, fallas de equipo, o cortes en suministro. El fenómeno PQ puede surgir de cualquiera de las muchas fuentes incluyendo fallas remotas, relámpagos, conmutación de capacitores, resonancia armónica, arranque de cargas robustas,

equipos desbalanceados o sobrecargados, conexión de alta impedancia, condiciones de equipo de potencia mal diseñado y aterrizaje pobre.

**Distorsión Armónica [1]:** Es la distorsión de la onda senoidal de corriente o de tensión eléctrica de frecuencia nominal o fundamental, ocasionada por la presencia de señales eléctricas senoidales de frecuencias diferentes y múltiples de dicha frecuencia nominal.

**Flicker [1]:** Es una variación rápida y cíclica de la tensión, que causa una fluctuación correspondiente en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

### **1.3 Introducción al costo de las perturbaciones eléctricas en empresas.**

Las perturbaciones de energía causan pérdidas económicas para las empresas en una variedad de formas. Una perturbación puede interrumpir actividades empresariales, más allá de la duración de la interrupción, ya que muchas operaciones no pueden ser reiniciadas instantáneamente. El resultado de ese tiempo fuera de línea significa pérdidas en la producción o en ventas que no se pueden realizar posteriormente.

El tiempo fuera de línea resulta también en pago de jornadas laborales mientras los trabajadores están ociosos. Y dependiendo del tipo de negocio, este tiempo puede resultar en el desperdicio o daño de materiales o inventario. Aun eventos breves pueden dañar motores eléctricos u otros equipos, creando pérdidas significativas para las empresas.

Las compañías eléctricas industriales llevan largo tiempo enterados de las posibles pérdidas económicas que pueden causar estas perturbaciones de energía a las empresas clientes. Varios estimados han sido publicados, pero todos ellos tampoco son de fiar, en muchos costos indirectos contemplados o son limitados a una

región en particular o evento determinado. La mayoría de los enfoques son exclusivos de interrupciones de larga duración. Como resultado, no entregan datos de los costos por interrupciones breves o fenómenos PQ. Los resultados de una reciente búsqueda de los costos por interrupción del servicio documentado encontraron que no hay estudios que den la confianza suficiente para extrapolar entre los costos de perturbaciones eléctricas para empresas salvadoreñas.

#### **1.4 Objetivos del estudio.**

El CEIDS (*The Consortium for Electric Infraestructura to Support a Digital Society*) comisiono este estudio, para obtener un estimado definitivo de los costos directos de perturbaciones eléctricas en negocios de los E.E.U.U. y dicho estudio ha sido la base para el presente trabajo de graduación con el fin de adaptarlo a nuestra realidad nacional en El Salvador, mejor dicho de la extrapolación de anécdotas o estudios asociados a una empresa muestra individual, en un local o interrupción aislada, el propósito es encuestar una muestra representativa de empresas clientes salvadoreñas, en sectores claves, acerca de sus costos por interrupciones y fenómenos de PQ. Estos datos de costos de perturbaciones eléctricas pueden entonces proveer una sólida base con fundamento de discusiones y/o de acciones, si hay alguna a tomar, por las compañías de servicios y creadores de políticas o leyes, para asegurar una energía más confiable y de mayor calidad para los negocios y empresas.

El estudio busca también cuantificar los costos por interrupciones breves o momentáneas - por ejemplo, apagones de 1 segundo o par de minutos de duración. La mayoría de estudios previos de costos por interrupciones han sido limitados a análisis de interrupciones muy largos y aislados - por ejemplo, de una hora de duración - aun apagones más cortos de lo pensado son más comunes y pueden causar pérdidas de información y daño de equipo industrial.

### **1.5 Enfoque para tasas de costos.**

Una muestra estadística representativa de 86 negocios aleatorios establecidos [3] fueron calculados para ser encuestados, para nuestro estudio, con relación a la frecuencia y duración de interrupciones de servicio eléctrico en sus instalaciones y el impacto en sus operaciones. Las respuestas a la encuestas serán con respecto a una serie de escenarios de interrupciones específicas, cada uno describiendo una interrupción hipotética, afectando a una instalación en un momento específico, con una duración específica, con o sin previo aviso. Para cada escenario, las respuestas estiman los costos en los que podría incurrir por varias fuentes, incluyendo, labores ociosas, pérdidas de materiales, daño de equipos, y pérdidas en producción o ventas. Las respuestas serán también acerca de la frecuencia y costos del fenómeno PQ. Detalles de la encuesta y los escenarios de interrupciones se describen con más detalle en la metodología de la encuesta y en los instrumentos de encuesta respectivamente. Estos datos nos proveen de la base para comparar los costos netos de interrupciones en función de su duración y notificación previa; el costo anual de interrupciones y fenómenos PQ para una empresa individual, basado en cuantos apagones y sus diferentes duraciones; y el costo agregado de apagones y fenómenos PQ será asociado al total de las empresas de salvadoreñas encuestadas.

### **1.6 Industrias y establecimientos encuestados:**

Las empresas establecidas que fueron encuestadas se encuentran comprendidas entre estos tres sectores:

**Economía Digital (DE):** Este sector incluye empresas que manejan pesadas operaciones de almacenamiento y recuperación de datos, procesamiento de información, o búsqueda y desarrollo de operaciones altamente sensibles a perturbaciones de energía. Industrias en este sector incluyen las telecomunicaciones; programación de computadoras; compañías de

almacenamiento y recuperación de información; call centers; incluyendo colocación de espacios u hoteles por Internet; Biotecnología; manufacturación electrónica; y las finanzas, seguros e industrias de bienes y raíces.

**Proceso de Manufactura Continua (CPM):** Este sector incluye instalaciones manufactureras continuamente alimentadas por materia prima, a menudo a altas temperaturas, a través de un proceso industrial. Por la naturaleza de sus operaciones y los materiales con los que trabajan, estos establecimientos a menudo experimentan problemas únicos, como resultado de interrupciones de energía. Industrias incluidas en este sector es la del papel; químicos; petróleo; elástico y plástico; piedra; cera; vidrio; y metales primarios.

**Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES):** Este sector incluye todas las empresas manufactureras que no estén incluidas en DE o CPM, además las compañías de servicio y transporte cuyo servicios son esenciales sobre todo para el funcionamiento de la economía. Este ultimo incluye los ferrocarriles, aeropuertos y transito masivo, agua y tratamiento de desperdicios.

Estos tres sectores fueron elegidos por su sensibilidad única a las perturbaciones de energía y su importancia para la economía salvadoreña. Además, las perturbaciones en cada uno de estos sectores - pero especialmente en DE y F&ES - tienen un efecto casi inmediato en otros sectores dependientes de los servicios que proveen.

Estos sectores fueron elegidos en parte por su sensibilidad a las perturbaciones, basados en investigaciones previamente conducidas por el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), por tanto, los datos de la encuesta son directamente relevantes a los costos en que incurren los establecimientos en estos tres sectores. Se espera, será posible extrapolar de los costos obtenidos, para

estimar un costo total de las interrupciones para todas las empresas establecidas, en función de una empresa base, con una estimación adecuada, a los costos que presentados en sus respectivos sectores.

## Capítulo 2. Metodología para la determinación de la muestra

Como parte de la determinación de la muestra, es necesario elegir el tipo de método estadístico adecuado para nuestro estudio, como primer paso clasificaremos los métodos posibles a ser considerados importantes para nuestro estudio:

### 2.1 Población o Universo :

**Población:** Una población es un conjunto de elementos (sujetos, objetos, entidades abstractas, etc.) que poseen una o más características en común, podemos encontrar dos tipos de poblaciones dependiendo del número de elementos de que consten:

- ✓ **Poblaciones finitas:** formadas por un número finito de elementos.
- ✓ **Poblaciones infinitas:** formadas por un número infinito de elementos.

El hecho de que las poblaciones, por lo general, sean infinitas o estén formadas por un gran número de elementos, hace que la descripción exacta de sus propiedades sea un objetivo prácticamente inaccesible. Por esta razón, lo habitual es trabajar con “muestras”.

### 2.2 Muestra:

- ✓ **Muestra:** una muestra es un subconjunto de elementos de una población. Para extraer conclusiones validas e imparciales referidas a todos los elementos de la población a partir de la observación de sólo unos pocos elementos, es necesario, que la muestra utilizada sea representativa de la población; esto se consigue mediante las “técnicas de muestreo”.

- ✓ **Tamaño muestral:** es el número de elementos que constituyen la muestra. Los elementos que componen la muestra se seleccionarán de la población generalmente de forma aleatoria, por tanto una muestra de tamaño “n” puede interpretarse como una variable aleatoria n-dimensional cuya distribución de probabilidad dependerá de la distribución de probabilidad  $F(X)$  de la población y del tamaño muestral “n”.

### 2.3 Selección de Método de Muestreo

#### **Muestreo:**

El término muestreo se refiere al proceso seguido para seleccionar una muestra de una población. El muestreo puede ser de dos tipos:

- **Muestreo probabilístico:** puede calcularse la probabilidad asociada a cada una de las muestras que es posible extraer de una determinada población, cada elemento poblacional posee una probabilidad conocida de pertenecer a la muestra. Este tipo de muestro por estar basado en la teoría de la probabilidad permite obtener una idea sobre el grado de representatividad de una muestra. Por tanto, sólo él proporciona una base adecuada para inducir las propiedades de una población a partir de una muestra. Dentro de los métodos de muestreo probabilísticos encontramos los siguientes tipos:
  - ✓ **Muestreo aleatorio simple:** El procedimiento empleado es el siguiente: 1) se asigna un número a cada individuo de la población y 2) a través de algún medio mecánico (bolas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados con una calculadora u ordenador, etc.) se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido.

Este procedimiento, atractivo por su simpleza, tiene poca o nula utilidad práctica cuando la población que estamos manejando es muy grande.

- ✓ **Muestreo aleatorio sistemático:** Este procedimiento exige, como el anterior, numerar todos los elementos de la población, pero en lugar de extraer  $n$  números aleatorios sólo se extrae uno. Se parte de ese número aleatorio  $i$ , que es un número elegido al azar, y los elementos que integran la muestra son los que ocupan los lugares  $i, i+k, i+2k, i+3k, \dots, i+(n-1)k$ , es decir se toman los individuos de  $k$  en  $k$ , siendo  $k$  el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra:  $k=N/n$ . El número  $i$  que empleamos como punto de partida será un número al azar entre 1 y  $k$ .

El riesgo de este tipo de muestreo está en los casos en que se dan periodicidades en la población ya que al elegir a los miembros de la muestra con una periodicidad constante ( $k$ ) podemos introducir una homogeneidad que no se da en la población. Imaginemos que estamos seleccionando una muestra sobre listas de 10 individuos en los que los 5 primeros son varones y los 5 últimos mujeres, si empleamos un muestreo aleatorio sistemático con  $k=10$  siempre seleccionaríamos o sólo hombres o sólo mujeres, no podría haber una representación de los dos sexos.

- ✓ **Muestreo aleatorio estratificado:** Trata de obviar las dificultades que presentan los anteriores ya que simplifican los procesos y suelen reducir el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica (se puede estratificar, por ejemplo, según la profesión, el municipio de

residencia, el sexo, el estado civil, etc). Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple o el estratificado para elegir los elementos concretos que formarán parte de la muestra. En ocasiones las dificultades que plantean son demasiado grandes, pues exige un conocimiento detallado de la población. (Tamaño geográfico, sexos, edades,...).

La distribución de la muestra en función de los diferentes estratos se denomina afijación, y puede ser de diferentes tipos:

- **Afijación uniforme:** Consiste en asignar el mismo número de unidades muestrales a cada estrato. Da la misma importancia a todos los estratos, en cuanto al tamaño de la muestra. Favorece a los estratos de menor tamaño y perjudica a los grandes, en cuanto a precisión.
- **Afijación proporcional:** La muestra se distribuye proporcionalmente a los tamaños de los estratos, es la indicada cuando no tenemos información sobre la distribución de la característica en estudio.
- **Afijación de varianza mínima:** El reparto de la muestra se hace de forma que para un tamaño fijo de  $n$  unidades, la varianza sea mínima. Cuanto mayor sea la variabilidad de estrato, más elementos tomaremos de tal forma que la varianza global sea mínima.
- **Afijación Óptima:** Se tiene en cuenta la previsible dispersión de los resultados, de modo que se considera la proporción y la

desviación típica. Tiene poca aplicación ya que no se suele conocer la desviación.

- **Muestreo no probabilístico:** A veces, para estudios exploratorios, el muestreo probabilístico resulta excesivamente costoso y se acude a métodos no probabilísticos, aun siendo conscientes de que no sirven para realizar generalizaciones, pues no se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa, ya que no todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. En general se seleccionan a los sujetos siguiendo determinados criterios procurando que la muestra sea representativa.
  - ✓ ***Muestreo por cuotas:*** También denominado en ocasiones "accidental". Se asienta generalmente sobre la base de un buen conocimiento de los estratos de la población y/o de los individuos más "representativos" o "adecuados" para los fines de la investigación. Mantiene, por tanto, semejanzas con el muestreo aleatorio estratificado, pero no tiene el carácter de aleatoriedad de aquél.
  - ✓ ***Muestreo opinático o intencional:*** Este tipo de muestreo se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras "representativas" mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos. Es muy frecuente su utilización en sondeos preelectorales de zonas que en anteriores votaciones han marcado tendencias de voto.
  - ✓ ***Muestreo casual o incidental:*** Se trata de un proceso en el que el investigador selecciona directa e intencionadamente los individuos de la población. El caso más frecuente de este procedimiento es utilizar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso

(los profesores de universidad emplean con mucha frecuencia a sus propios alumnos). Un caso particular es el de los voluntarios.

- ✓ **Bola de nieve:** Se localiza a algunos individuos, los cuales conducen a otros, y estos a otros, y así hasta conseguir una muestra suficiente. Este tipo se emplea muy frecuentemente cuando se hacen estudios con poblaciones "marginales", delincuentes, sectas, determinados tipos de enfermos, etc.

Debido a lo antes expuesto se define el método de muestreo a utilizar como: **Muestreo Estratificado con Afijación Óptima.**

#### **2.4 Determinación de estratos.**

Como segundo paso nuestra población se divide en tres sectores de la economía particularmente sensibles a las perturbaciones eléctricas:

**Economía Digital (DE):** Este sector incluye empresas que manejan pesadas operaciones de almacenamiento y recuperación de datos, procesamiento de información, o búsqueda y desarrollo de operaciones altamente sensibles a perturbaciones de energía. Industrias en este sector incluyen las telecomunicaciones; programación de computadoras; compañías de almacenamiento y recuperación de información; call centers; incluyendo colocación de espacios u hoteles por Internet; Biotecnología; manufacturación electrónica; y las finanzas, seguros e industrias de bienes y raíces.

**Proceso de Manufactura Continua (CPM):** Este sector incluye instalaciones manufactureras continuamente alimentadas por materia prima, a menudo a altas temperaturas, a través de un proceso industrial. Por la naturaleza de sus operaciones y los materiales con los que trabajan, estos establecimientos a menudo experimentan problemas únicos, como resultado de interrupciones de energía.

Industrias incluidas en este sector es la del papel; químicos; petróleo; elástico y plástico; piedra; cera; vidrio; y metales primarios.

**Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES):** Este sector incluye todas las empresas manufactureras que no estén incluidas en DE o CPM, además las compañías de servicio y transporte cuyo servicios son esenciales sobre todo para el funcionamiento de la economía. Este ultimo incluye los ferrocarriles, aeropuertos y transito masivo, agua y tratamiento de desperdicios.

## **2.5 Aplicación del método.**

El tercer paso, consiste en determinar el Universo con que cuenta nuestro estudio, por lo que se siguieron una serie de acciones, que detallamos a continuación:

- ✓ Se depuraron las empresas dependiendo de los sectores descritos anteriormente, que son más sensibles a las perturbaciones eléctricas [4] (en Anexo A ver detalles de la selección de empresas).
- ✓ Después se tomo en cuenta la cantidad de empleados de cada empresa para realizar una selección minuciosa de todas las empresas del país (se detalla más adelante en un cuadro resumen).
- ✓ Luego al tener los sectores determinados en base a su cantidad de empleados por cada empresa y las categorías antes definidas, se realizo un cuadro resumen del tamaño de las empresas y divididos en sectores para tener una perspectiva más detallada de la población a ser encuestada.

Tamaño de la empresa ( N° de empleados)	Economía Digital (DE)	Procesos Continuos de Manufactura (CPM)	Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES)	Total
50 -99 empleados	91	158	70	319
100 -199 empleados	26	93	46	165
200 y mas empleados	25	187	31	243
<b>Total:</b>	<b>142</b>	<b>438</b>	<b>147</b>	<b>727</b>

**Tabla 2.1: Resumen de establecimientos según su Sector y Tamaño.**

En la tabla 2.1, se hicieron efectivos los criterios de tamaño eléctrico y de los sectores predeterminados por el estudio para determinar nuestro universo de estudio, ya que se tomo el criterio personal que las empresas con menos de 50 empleados no presentan costos directos representativos como lo hace una empresa “grande” de 200 empleados o más. Por lo cual se discriminaron los establecimientos que no cumplieran con éstas condiciones.

## 2.6 Determinación del Tamaño de la muestra

La ecuación para obtener la muestra según el método de **muestreo estratificado por afijación óptima** es la siguiente:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2} Ec - 1$$

Donde:

- n** = Tamaño de la muestra
- W<sub>i</sub>** = Proporción del i-ésimo estrato
- σ<sub>i</sub><sup>2</sup>** = Varianza del i-ésimo estrato

- N = Define el universo del estudio
- E = Error muestral
- L = Numero de estratos
- Z = Coeficiente de valores bajo la curva normal

a) Encontramos la Proporción del i-ésimo estrato ( $W_i$ ) de cada Sector

Para el primer estrato (Economía Digital):

$$W_1 = \frac{142}{727} = 0.195323246$$

Para el segundo estrato (Procesos Continuos de Manufactura):

$$W_2 = \frac{438}{727} = 0.602475928$$

Para el tercer estrato (Fabricación y Servicios Esenciales):

$$W_3 = \frac{147}{727} = 0.202200825$$

b) Varianza del i-ésimo estrato de cada Sector

Nota: Asumiendo que  $P_n$  (Probabilidad de éxito)=0.5 y  $Q_n$  (Probabilidad de fracaso)=0.5

$$\sigma_1^2 = \frac{142}{(142-1)}(0.5 \times 0.5) = 0.251773049$$

$$\sigma_2^2 = \frac{438}{(438-1)}(0.5 \times 0.5) = 0.250572082$$

$$\sigma_3^2 = \frac{147}{(147-1)}(0.5 \times 0.5) = 0.251712328$$

Luego se multiplica  $W_i$  por la varianza de cada estrato, para realizar la sumatoria de todos los estratos y obteniendo un resultado:

$$\sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2 = 0.251037218$$

Obteniendo estos datos podemos sustituir en la fórmula para la determinación de la muestra:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2} = \frac{0.251037218}{\left(\frac{0.1}{1.96}\right)^2 + \frac{1}{727} 0.251037218} = 85$$

Tomando estos datos de referencia:

N	= Define el universo del estudio	727
E	= Error muestral	0.1
L	= Numero de estratos	3
Z	= Coeficiente de valores bajo la curva normal	1.96

Lo que resulta en la siguiente tabla resumen:

Sectores o Estratos	Cantidad de Empresas	Wi	$\sigma_i^2$	Wi* $\sigma_i^2$	ni
Economía Digital (DE)	142	0.195323246	0.25177305	0.049177129	17
Procesos Continuos de Manufactura (CPM)	438	0.602475928	0.250572082	0.150963648	51
Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES)	147	0.202200825	0.251712329	0.050896441	17
<b>Total</b>	<b>727</b>			<b>0.251037218</b>	<b>85</b>

**Tabla 2.2. Resumen de los Cálculos Obtenidos del Tamaño Muestral**

De un primer análisis se determinaron la cantidad de establecimientos a encuestar, así como la cantidad de encuestas por sector y tamaño, que luego de ser analizados con mayor precisión (todas las cifras significativas) se distribuyeron de mejor manera como en reflejan en las tablas 2.3 y 2.4.

Luego realizamos un análisis más detallado del número de establecimientos según su Sector y Tamaño de las Empresas.

	Tamaño de la empresa (cantidad de empleados)	Cantidad de Establecimientos	$W_i$	$\sigma_i^2$	$W_i * \sigma_i^2$	$n_i$
Economía Digital (DE)	50 -99 empleados	91	0.125171939	0.252777778	0.031640685	11
	100 -199 empleados	26	0.035763411	0.26	0.009298487	3
	200 y mas empleados	25	0.034387895	0.260416667	0.008955181	3
Procesos Continuos de Manufactura (CPM)	50 -99 empleados	158	0.217331499	0.251592357	0.054678944	19
	100 -199 empleados	93	0.127922971	0.252717391	0.03232836	11
	200 y mas empleados	187	0.257221458	0.251344086	0.064651092	22
Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES)	50 -99 empleados	70	0.096286107	0.253623188	0.02442039	8
	100 -199 empleados	46	0.063273728	0.255555556	0.016169953	5
	200 y mas empleados	31	0.04264099	0.258333333	0.011015589	4
<b>Total</b>		<b>727</b>			<b>0.25315868</b>	<b>86</b>

**Tabla 2.3. Resumen de los Cálculos Obtenidos con mayor precisión**

Posterior a un análisis evaluando un nivel de precisión mayor, se concluye en una cantidad de 86 encuestas distribuidas en las diferentes categorías definidas posteriormente y en función de su cantidad de empleados resumida en la siguiente tabla:

Tamaño de la empresa ( N° de empleados)	Economía Digital (DE)	Procesos Continuos de Manufactura (CPM)	Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES)	Total
50 -99 empleados	11	19	8	38
100 -199 empleados	3	11	5	19
200 y más empleados	3	22	4	29
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>52</b>	<b>17</b>	<b>86</b>

**Tabla 2.4. Resumen final de establecimientos según su Sector y Tamaño a ser Encuestado**

## **Capítulo 3. Metodología de Aplicación de la Encuesta**

La encuesta, así como la metodología de aplicación de la misma está basada en el estudio hecho por el CEIDS y el EPRI [2] y adaptado para nuestro trabajo de graduación, de igual manera se tomaron muchos elementos y criterios del estudio para la discriminación de las encuestas y/o de las respuestas en las mismas, combinados con los criterios propios sujetos al muestreo y afijación determinada y desarrollada en el apartado anterior.

### **3.1 Desarrollo de la Encuesta**

La encuesta del presente trabajo de graduación, fue designada para alcanzar los siguientes objetivos:

- ✓ Cuantificar los costos incurridos por las empresas a través de problemas de confiabilidad y calidad de energía.
- ✓ Examinar los diferentes efectos de la calidad de energía y la confiabilidad del servicio eléctrico a través de los distintos segmentos empresariales.
- ✓ Examinar en detalle las implicaciones económicas en que incurren los sectores empresariales encuestados a consecuencia de las perturbaciones e interrupciones eléctricas.

### **3.2 Escenarios de Interrupciones.**

Los efectos de suspensiones de energía eléctrica varían basadas en muchos factores. La encuesta examinará los efectos de tres específicos escenarios de suspensión del servicio eléctrico (para todos los escenarios, las interrupciones han ocurrido durante el verano a las 2:00 p.m.). Estos escenarios varían en duración y en notificación previa del mismo:

Escenario	Duración de la Interrupción	Notificación Previa de Interrupción
1	1 segundo	Ninguna
2	3 minutos	Ninguna
3	1 Hora	48 horas antes se notifico de posibles interrupciones

**Tabla 3.1 Escenarios críticos a ser encuestados**

### 3.3 Valoración de Impacto

Para cada escenario, muchas medidas de impacto por suspensión del servicio eléctrico serán valoradas:

- ✓ Desaceleración o demora de las actividades.
- ✓ Pérdidas en la producción.
- ✓ Costos.
- ✓ Ahorros.

Además de los costos específicos por suspensión del servicio eléctrico, problemas relacionados con fenómenos de calidad de energía (Power Quality, PQ) serán también valorados. Específicamente, las respuestas acerca de la cantidad, impacto y costos extras incurridos debidos a problemas de calidad de energía.

Finalmente, para proveer un marco referencial en el cual se pueda interpretar costos por interrupciones y problemas de calidad de energía, serán recogidos antecedentes de las empresas así como:

- ✓ Gastos de Operación.
- ✓ Horas de operación.
- ✓ Inversiones en tecnologías de mitigación.

### 3.4 Plan de Prueba o Plan Piloto

El plan de prueba o piloto, consistió en dos fases, la primera fue de corrección y validación de la encuesta estudio traducida y adecuada a terminología común en nuestro país para lograr un mayor nivel de comprensión, para lo cual se distribuyó al plantel docente de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, la encuesta de prueba, para el completado de la misma, devolviéndonos como resultados un buen nivel de comprensión y observaciones en cuanto a la redacción q una vez solventadas fueron validadas para su distribución a las empresas de prueba, en lo que consistió la fase dos.

En esta fase del plan de prueba, se tuvo como objetivo cinco encuestas completas, de una muestra aleatoria y representativa de empresas catalogadas por el mismo estudio y muestreadas de acuerdo a el universo establecido por el censo económico más reciente DIGESTYC 2005 [4] con el propósito de verificar el nivel de comprensión y/o solventar alguna deficiencia identificada y que pudiera generar algún tipo de confusión o contratiempo en el llenado.

Las empresas del censo fueron catalogadas de acuerdo al estudio hecho por el CEIDS (*The Consortium for Electric Infraestructura to Support a Digital Society*) y el EPRI de la siguiente forma:

- Economía Digital:
  - ✓ Telecomunicaciones.
  - ✓ Programación de computadoras.
  - ✓ Almacenamiento y recuperación de datos.
  - ✓ Biotecnología.
  - ✓ Fabricación electrónica.
  - ✓ Call Centers.
  - ✓ Finanzas, seguros y Bienes raíces.

- Procesos de Fabricación Continua:
  - ✓ Papel.
  - ✓ Químicos.
  - ✓ Petróleo.
  - ✓ Plástico y elástico.
  - ✓ Roca, arcilla, vidrio.
  - ✓ Metales primarios.
  
- Fabricación y Servicios Esenciales.
  - ✓ Trenes y tránsito masivo.
  - ✓ Aeropuertos.
  - ✓ Distribución de Agua y tratamiento de aguas residuales.
  - ✓ Todas las empresas manufactureras no incluidas en CPM.

Dentro de cada uno de estos sectores, los establecimientos fueron clasificados en tres categorías por tamaño, basadas en el número de empleados, resultando en 9 segmentos (3x3) extras:

- ✓ **Pequeña:** 50 a 99 empleados.
- ✓ **Mediana:** 100 a 199 empleados.
- ✓ **Grande:** 200 empleados o más.

Esta peculiar división por tamaño, fue implementada especialmente para orientar los datos a empresas que muestren costos y/o ahorros considerablemente representativos, sin profundizar en empresas con pocos empleados las cuales no muestren ni una décima parte de los costos que puedan reflejar una empresa mediana o grande.

La lógica de enfocarse en algunos sectores clave, en lugar de todas las empresas establecidas en el país, fue de proveer una muestra suficientemente grande en cada sector, que puede darnos un análisis significativo por tamaño. Las empresas fueron seleccionadas para alcanzar el objetivo de capturar aquellas empresas que más probablemente tengan pérdidas significativas por suspensión del servicio eléctrico y fenómenos de calidad de energía.

Los hallazgos obtenidos de la distribución personal de encuestas piloto fueron bastante positivos al obtener todas las encuestas (5) completas en su totalidad sin observaciones ni consultas de parte de las empresas encuestadas a ninguna de las preguntas y con repuestas bastantes comunes y coherentes; lo cual sirvió para validar el estudio y proceder a la distribución masiva y a la solicitud de ayuda a entidades para la distribución de las mismas.

### **3.5 Distribución de encuestas.**

Para la distribución de la encuesta a las empresas catalogadas en la determinación de la muestra realizada con anterioridad, se consideraron tres alternativas:

- Gestionar la distribución de las encuestas por una entidad ajena a nuestra persona como lo puede ser la Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI); Al igual que a través del Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica IEEE.
- Distribución y Desarrollo de Encuesta por Medio de Correo Electrónico.
- Distribución personal de la encuesta a empresas seleccionadas y recomendadas por docentes y compañeros.

Todas las alternativas consideradas tienen ventajas y desventajas, que fueron tomadas a consideración, determinando la alternativa más viable, por el respaldo e integridad que ofrece, la opción de una entidad ajena como ASI o el IEEE.

Para lo cual se hicieron las gestiones respectivas con el objetivo de despertar el interés de las personas del nivel jerárquico correspondiente para obtener el apoyo deseado. Resultando en el apoyo del secretario del departamento de energía de la Asociación Salvadoreña de Industriales, ASI, adquiriendo el compromiso de distribuir cuarenta encuestas a las empresas pertenecientes a la ASI, y ser el nexo entre el sector empresarial y nuestra investigación, al trasladarnos las encuestas completas y el nombre de las empresas encuestadas para su respectiva agrupación e inclusión a las categorías antes mencionadas.

La gestión fue hecha también con el Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos IEEE a través del Vice-presidente del IEEE sección El Salvador, ofreciéndonos la recomendación del instituto y posibles contactos a las empresas con las cuales el Instituto o sus miembros tienen alguna relación..

Aún con el apoyo de las entidades antes mencionadas, por medio de una base de datos de empresas obtenida, se han catalogado en los sectores económicos de interés para nuestro estudio, para la distribución personal de la encuesta combinada con medios de comunicación electrónico antes mencionados (e-mail).

Muchos beneficios se alcanzaron con las encuestas respondidas en su totalidad por e-mail. La distribución de la encuesta fue más sencilla y las empresas tendrían fácil acceso a conveniencia de la misma para las respuestas de la encuesta es el momento q lo estimen conveniente o que dispongan del tiempo para completarla.

### **3.6 Depuración de datos.**

#### **3.6.1 Datos Perdidos Manualmente**

##### **Completado de la Encuesta**

Para ser incluido en el análisis de datos, un número mayor al 50 por ciento de las preguntas de la encuesta deberán ser respondidas.

##### **Valores de costos perdidos.**

El valor de costos perdidos (como ejemplo, pérdidas de producción, costos laborales, etc.) para los escenarios que sean estimados en \$0. Se utilizó el estimado de \$0 contabilizados para aquellas respuestas en las cuales se encontraron espacios en blanco debido a la falta de costos resultantes de una interrupción, nos provee de un estimado más conservador que otros métodos de estimación (reemplazamiento promedio).

#### **3.6.2 Datos Atípicos de Análisis Manualmente**

##### **Reemplazamiento Promedio**

Los casos que se podrían identificar como datos atípicos, pueden ser basados en el criterio que encuestas respondidas reporten costos por interrupción cinco veces mayores a sus facturas eléctricas anuales, como se reflejo en el estudio hecho por el CEIDS. Sin embargo, la razón más frecuente de esos casos que tenían costos desproporcionados con sus facturas eléctricas fue que ellos tenían indicada una factura eléctrica anual de \$0.00.

Hay muchas razones por las que muchas encuestas respondidas puedan tener indicado cero en su costo de facturas eléctricas. Algunos simplemente no quieren compartir con nosotros esa información, mientras para otros su factura eléctrica puede incluir su pago de alquiler u otros gastos ajenos a los eléctricos.

Sin importar la razón, es razonable asumir que esas empresas usan electricidad. Por lo tanto, datos perdidos por facturas eléctricas anuales serán estimados usando reemplazamiento promedio. El promedio anual de las facturas eléctricas correspondientes al segmento que pertenece es reemplazado en su lugar. Por ejemplo, si la información de la factura eléctrica anual de una encuesta en el sector de empresa PEQUEÑA en el segmento de Economía Digital es dejado blanco o perdido, este valor podría ser reemplazado con el promedio anual de factura eléctrica de un establecimiento de Economía Digital pequeño.

### **Tasas máximas o excedentes.**

En el estudio del CEIDS, cinco casos fueron identificados donde el costo por suspensión eléctrica parece sospechoso comparado con su factura eléctrica reportada. En una inspección más detallada de otros datos de esos cinco casos (segmento, costos anuales de operación, costos por apagones, etc.), fue determinante que tres de los cinco casos potenciales debieron ser *cubiertos*. El primer acercamiento fue intentar hacer contacto con las empresas responsables de completar la encuesta para aclarar esta información. En el caso del EPRI sólo una encuesta respondida fue contactada exitosamente. Para los dos casos restantes, los datos de costos fueron *cubiertos* con un excedente al promedio.

El excedente apropiado es determinado basado en si cada caso cae bajo los segmentos comerciales (Economía Digital) o industriales (Fabricación por Procesos Continuos ó Fabricación & Servicios Esenciales). El precio promedio del Kwh debe ser estimado resultando ligeramente diferente para estos grupos dependiendo de la distribuidora, contrato con la misma y otros factores. La factura eléctrica anual para cada uno de estos casos deberá ser entonces dividida por el precio correspondiente a su KWh luego se estimarán, el promedio de las facturas eléctricas para meses de verano (1) e invierno (2). Para calcular la factura eléctrica anual para un establecimiento, el promedio de la factura de verano será

multiplicado por seis (meses) y el promedio de la factura de invierno será multiplicado por seis (meses). Estos dos totales de 6-meses serán entonces sumados, proveyéndonos de un costo total estimado para la factura eléctrica del año completo, proveyéndonos de la cantidad anual de KWh consumidos. Los valores de KWh serán entonces multiplicados por \$5 para establecer el cubrimiento o excedente. Este umbral ha sido usado en previos estudios de costos directos para instalaciones. Para la mayoría de casos, este excedente puede ser aproximadamente 100 veces el costo anual de la factura eléctrica del cliente.

### **Eliminación de otros datos atípicos.**

Para los datos obtenidos, valores extremos fueron examinados caso por caso y datos irregulares o atípicos eliminados. Cuando calculando el tiempo fuera causado por una interrupción específica (1 minuto, 3 minutos, 1 hora, etc.), las repuestas de los tiempos fuera de línea calculados examinados, deben estar dentro de un rango establecido por los mismos datos y tendencias obtenidas por ejemplo, si para el tiempo fuera de línea resultante de un apagón de 1 segundo (sin advertencia), todos excepto tres de los casos estuvieron por debajo de los 40 minutos; y los casos restantes se elevaron a 520 minutos y 600 minutos. Estos tiempos fuera de línea serán reemplazados a 40 minutos cada uno.

### **3.7 Análisis**

Costos por confiabilidad de energía y calidad de energía fueron calculados para cada tipo de suspensión de energía eléctrica y fenómenos de baja calidad de energía. Una cantidad de factores contribuyeron para estimar el costo neto para suspensiones de energía eléctrica (PO's : Power Outages):

### 3.7.1 Pérdidas de Producción.

Las pérdidas en la producción serán calculadas tomando los costos de producción perdida menos los costos de producción en que se incurrirá al fabricar de nuevo el producto en tiempo extra.

### 3.7.2 Costos variables

Muchos factores serán considerados al calcular el costo total de un apagón:

- **Costos Laborales**
  - ✓ *Jornada laboral ociosa*: salarios y variaciones salariales pagados a los trabajadores imposibilitados de realizar su trabajo.
  - ✓ *Jornada laboral adicional*: costos laborales de recuperación de la producción perdida, ventas o servicios (pago de tiempo extra, turnos extras, etc.).
- **Costos de Materiales**: Daños o deterior de materiales, productos terminados o inventario.
- **Costos adicionales**:
  - ✓ Costos extras por reinicio de procesos.
  - ✓ *Costos operativos*: costos operativos extras incurridos de poner en marcha durante el período de reinicio de procesos.
  - ✓ *Daño de Equipo*: daños a las instalaciones del edificio o el equipo utilizado.
  - ✓ *Costos extras de respaldo*: costos de operación o renta de equipo de respaldo.
  - ✓ *Otros*: costos indefinidos por encuestas respondidas como resultado del apagón.

### 3.7.3 Ahorros Variables

Además, posibles ahorros realizados durante una interrupción serán considerados:

- **Material sin usarse:** ahorros en materiales sin utilizar o inventariados.
- **Ahorros de energía:** ahorros reflejados en su factura eléctrica.
- **Jornada laboral sin pago:** ahorros en variaciones salariales al no pagar jornadas ociosas.
- **Otros:** otros ahorros identificados en las encuestas respondidas como resultado de un apagón.

### 3.7.4 Costo neto.

Costos netos para interrupciones individuales serán calculados al restar los ahorros totales de los costos totales, costos totales negativos serán redondeados a \$0.

Costos globales de baja calidad de energía serán valorados basados en costo global anual promedio experimentado por el segmento.

### 3.7.5 Costos promedio anuales por suspensión de servicio eléctrico.

Costos promedio anuales por interrupciones en establecimientos serán calculados por cada segmento (DE, CPM, F&ES). Primero, la cantidad promedio por cada tipo de interrupción (1 segundo, 3 minutos, 1 hora, etc.) serán calculados por cada segmento. Entonces el costo promedio por segmento por cada tipo de interrupción será calculado. El producto de la cantidad total por cada tipo de interrupción y el costo promedio correspondiente a la interrupción será calculado, costos anuales para los tipos de interrupciones individualmente serán entonces totalizadas para cada segmento para un costo global anual por suspensión de servicio eléctrico por establecimiento.

## 3.8 Instrumentos de encuesta

Los instrumentos a utilizar para la encuesta, están sujetos al método de distribución seleccionado, de manera que para las alternativas antes planteadas se manejaran como instrumentos las encuestas electrónicas, es decir las encuestas por

correo electrónico, al igual que el correo convencional como herramienta o los instrumentos que meriten las entidades como ASI o el IEEE, en caso que acepten distribuir nuestro estudio, el instrumento esencial es la encuesta en sí, que presentamos a continuación.

Además, si se pueden considerar como instrumento, los contactos obtenidos por medio de colegas, compañeros y docentes así como por nuestros propios medios para luego de la consulta telefónica y confirmar su colaboración y participación en el estudio ya sea por medio de encuesta de respuesta escrita, caso en el cual se lleva personalmente la encuesta a la empresa al contacto confirmado o por medio de encuesta electrónica en el cual es enviada a la cuenta de correo electrónico que la persona estime conveniente, poniéndonos a su disposición para cualquier consulta respecto a alguna pregunta o alguna posible confusión a aclarar.

### **3.9 Encuesta Versión Final**

Luego de las fases de corrección, depuración y validación a las que fue sometida la encuesta estudio por medio de la colaboración del plantel docente de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador y las empresas participantes en el plan piloto antes descrito, se procedió a la distribución masiva de la encuesta final q presentamos a continuación, tal y como le es entregada a la persona q nos colaborara con el llenado en la empresa:

# *El Costo de las perturbaciones Eléctricas en Empresas Industriales y Empresas de Economía Digital.*

## *Introducción*

---

El presente estudio consiste en una encuesta que persigue determinar el costo de las perturbaciones eléctricas, en la Industria y Empresas de Economía Digital, el estudio es objetivo y no lucrativo. Espera ayudar a compañías de servicio eléctrico a comprender y servir mejor a sus clientes y a las empresas participantes, a conocer cómo son afectadas sus operaciones por interrupciones de energía y problemas relacionados a la baja calidad de energía suministrada y los costos asociados a las perturbaciones y a los fenómenos de baja calidad de energía. Por sector, categoría y tamaño de la empresa.

La encuesta a completar, está diseñada para ser respondida por la persona responsable en su organización de las operaciones diarias en esta Empresa y que tenga conocimiento acerca de cómo estas operaciones serian afectadas por problemas de energía eléctrica.

Todas sus respuestas serán **estrictamente confidenciales**. La información será usada sólo como punto de comparación entre diferentes tipos de empresas y de negocios. Nunca identificaremos individualmente a empresas con sus respectivas respuestas.

Dentro de los próximos años, las compañías eléctricas, los entes reguladores y los encargados de formular políticas del sector eléctrico, se enfrentaran con una variedad de opciones de cómo brindar una mejor confiabilidad de energía suministrada a sus clientes. Será crítico en las toma de decisiones la posibilidad de cuantificar en qué medida los cortes de energía y otras perturbaciones de energía eléctrica pueden afectar a los clientes de las empresas. Para comprender mejor los efectos, nos gustaría pedirle que complete el cuestionario que le presentamos a continuación. En la encuesta se le solicitará estimar el impacto (en dólares) que

varios tipos de interrupciones del suministro eléctrico generarían en las operaciones, de esta instalación, local o sucursal, así como posibles ahorros.

No se trata de vender nada, solo estamos tratando de entender mejor cómo los distintos tipos de empresas, por categoría y tamaño, se ven afectadas por las perturbaciones de energía.

Nos gustaría darle las gracias de antemano por su tiempo y ayuda. Puede que ciertas preguntas puedan generar algún tipo de confusión o duda acerca de la información que se le solicita en la encuesta, para aclarar dudas sobre alguna pregunta o instrucciones en la encuesta o, si usted tiene alguna pregunta relacionada a la encuesta no dude en llamar al número 2529 - 9090 o escribir al correo [victormanueljerez@gmail.com](mailto:victormanueljerez@gmail.com). Esperamos con interés sus respuestas. Gracias de nuevo, y tenga buen día.

## *Objetivos*

---

### *Objetivo General.*

- Obtener un estimado de los costos directos de las perturbaciones eléctricas (interrupciones y fenómenos de calidad de la energía) en empresas industriales y empresas de economía digital en El Salvador.

### *Objetivos Específicos.*

- Estimar los costos directos de las perturbaciones eléctricas en empresas industriales y empresas de economía digital.
- Estimar los costos individuales y agregados de interrupciones de corta duración y larga duración.

- Estimar los costos de los fenómenos de calidad de la energía, incluyendo fenómenos que no han sido considerados en la versión actual de la norma SIGET.

### *Alcance*

---

- Realizar un estudio dirigido a una muestra representativa de consumidores salvadoreños en sectores clave acerca de los costos que experimentan debido a interrupciones y fenómenos de calidad de la energía.

### *Preguntas Selectivas*

---

S1. ¿Usted tiene conocimiento acerca de las operaciones cotidianas de su Empresa, y cómo esas operaciones serían afectadas por interrupciones de energía y otras perturbaciones eléctricos?

Si \_\_\_\_\_ (continúe)

No \_\_\_\_\_ (transmitir a la persona adecuada y repetir desde S1)

S2. ¿La instalación, local o sucursal para la cual esta aplicada la presente encuesta, es de su propiedad o es alquilada por su empresa?

Propio \_\_\_\_\_ 1

Alquila \_\_\_\_\_ 2

S4. ¿Aproximadamente cuántos empleados a tiempo completo están trabajando para su compañía en esta instalación, sucursal o local?

50 a 99 1

100 a 199 2

200 o más 3

## Encuesta de Estudio

---

### INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR ESTA ENCUESTA

Al completar esta encuesta, por favor responda solamente para el local o empresa donde usted se encuentre. No incluir o considerar otras oficinas, sucursales, locales, plantas, tiendas, o filiales.

Es muy importante que usted responda todas las preguntas. Si una pregunta es difícil de responder para usted, por favor exprese su mejor suposición o estimación.

Para todas las preguntas, por favor asuma que una interrupción de energía se refiere a una pérdida completa de la electricidad en este sitio. Estas interrupciones pueden ser causadas por condiciones climáticas adversas, fallas en la red de la compañía distribuidora, fallas en los equipos del cliente, etc. y pueden durar desde un segundo o menos, hasta varias horas.

1. ¿Aproximadamente cuántas interrupciones de energía ha experimentado su organización o empresa en los últimos 12 meses? (Escriba en número)

\_\_\_\_\_ Interrupciones en los pasados 12 meses

2. ¿Aproximadamente cuántas interrupciones experimenta típicamente su organización en un año? (Escriba en número)

\_\_\_\_\_ Interrupciones típicas en un año

3. Ahora considere cuánto tiempo estas interrupciones de energía duran típicamente. ¿Qué porcentaje de las interrupciones que usted enumero en la pregunta 2, se incluyen en cada una de las siguientes categorías? (Escribir en porcentaje para cada categoría. Porcentajes que sumen el 100%)

Menos de 1 segundo	_____ %
1 segundo a menos de 60 segundos	_____ %
1 minuto a menos de 3 minutos	_____ %
3 minutos a menos de 5 minutos	_____ %
5 minutos a menos de 1 hora	_____ %
1 hora a menos de 4 horas	_____ %
4 horas o más largo	_____ %
	<b>100%</b>

4. ¿Aproximadamente cuántas veces, típicamente, al año ocurre lo siguiente en esta empresa? La energía se apaga por un segundo o dos, regresa en breves segundos, y luego vuelve apagarse otra vez. (Escriba un número - Si esto no ocurre nunca, escribe un "cero")

\_\_\_\_\_ Interrupciones en un año típico.

5. ¿Qué tan satisfecho está con la confiabilidad de la energía eléctrica total, con sus experiencias en la organización (tomando en cuenta, el número de interrupciones que su empresa experimenta típicamente, la duración promedio de una interrupción, y el tipo de información que provee la compañía eléctrica cuando usted llama consultando sobre una interrupción)? (Encierre un número)

			Ni Satisfecho			
Muy Insatisfecho	Insatisfecho	Algo Insatisfecho	Ni Insatisfecho	Algo Satisfecho	Satisfecho	Muy Satisfecho
1	2	3	4	5	6	7

6. En general, ¿Qué impacto genera para su organización una interrupción brusca e inesperada, para cada una de las siguientes duraciones?, si ocurrieran durante horas normales de operación (Encierre un número para cada categoría)

	No detiene el ciclo de producción	Detiene el ciclo del 1% ~ 20%	Detiene el ciclo del 21% ~ 40%	Detiene el ciclo del 41% ~ 60%	Detiene el ciclo del 61% ~ 80%	Detiene el ciclo del 81% ~ 95%	Interrumpe totalmente el ciclo de producción
1 Segundo	1	2	3	4	5	6	7
3 minutos	1	2	3	4	5	6	7
1 hora	1	2	3	4	5	6	7
4 horas	1	2	3	4	5	6	7

7. En general, ¿Qué impacto genera para su organización una interrupción brusca e inesperada, para cada una de las siguientes estaciones?, si ocurrieran durante horas normales de operación (Encierre un número para cada categoría)

	No detiene el ciclo de producción	Detiene el ciclo del 1% ~ 20%	Detiene el ciclo del 21% ~ 40%	Detiene el ciclo del 41% ~ 60%	Detiene el ciclo del 61% ~ 80%	Detiene el ciclo del 81% ~ 95%	Interrumpe totalmente el ciclo de producción
Verano	1	2	3	4	5	6	7
Invierno	1	2	3	4	5	6	7

Las siguientes páginas describen tres diferentes interrupciones de energía "casos de estudio". Cada caso describe una interrupción que su empresa podría experimentar y provee varios detalles sobre la interrupción (por ejemplo, cuando ocurre, el tiempo que dura, o si usted no tiene ningún aviso previo de que la interrupción pueda ocurrir).

Para cada caso, por favor, imaginar que la **interrupción descrita ocurre realmente** en esta empresa en exactamente la manera descrita, y pensar como esta interrupción en particular, afectaría a sus operaciones. Varias de las preguntas, le cuestionarán acerca de los montos específicos en dólares que usted puede perder (o hasta ahorrar) como resultado de la interrupción en particular. Reconocemos que es posible que no haya cifras precisas para la mayoría de las preguntas, pero pedimos que nos proporcione su mejor estimación en cada caso.

Caso 1: *Asumamos que la siguiente interrupción ocurre en esta situación.*

<b>Duración de la interrupción:</b>	<b>1 Segundo</b>
<b>Situación cuando ocurre la interrupción:</b>	Día de semana en Verano comenzando a las 2 p.m.
<b>Advertencia o notificación previa:</b>	Ninguno

8. En general, ¿Qué tan disruptivo<sup>1</sup> sería para su organización esta interrupción? (Encierre un número)

No detiene el ciclo de producción	Detiene el ciclo del 1% ~ 20%	Detiene el ciclo del 21% ~ 40%	Detiene el ciclo del 41% ~ 60%	Detiene el ciclo del 61% ~ 80%	Detiene el ciclo del 81% ~ 95%	Interrumpe totalmente el ciclo de producción
1	2	3	4	5	6	7

9. ¿Cuánto se retrasarían las actividades de su organización, como resultado de esta interrupción? (Encierre un número)

- 1 Ninguna, las actividades continúan ----->Pasar a la Como de costumbre **pregunta 15**
- 2 Ninguna, Ninguna de las actividades ----->Pasar a la Usualmente ocurren en este momento **pregunta 15**
- 3 Disminución de menos del 10 por ciento
- 4 Disminución en 11-25 por ciento
- 5 Disminución en 26-50 por ciento
- 6 Disminución en 51-75 por ciento

<sup>1</sup> **Disruptivo (del inglés Disruptive):** Que produce ruptura brusca, Diccionario de la lengua española vigésimo segunda edición; en nuestro caso, entiéndase como disruptivo a la interrupción del ciclo de producción o jornada laboral ordinaria.

7 **Disminución en 76-99 por ciento**

8 **Disminución en un 100 por ciento, detener todas las actividades**

10. En general, ¿Cuánto tiempo se detendrían las actividades o se retardarían como resultado de esta interrupción de 1- segundo? (llenar sólo un espacio vacío)

Actividades se detendrían o retardarían por:

\_\_\_\_\_Segundos o \_\_\_\_\_Minutos o \_\_\_\_\_Horas

11. ¿Cuál es el valor de la producción, ventas, o servicios que se perdería mientras las actividades se detienen o retardan debido a esta interrupción de 1 segundo? (llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

\$\_\_\_\_\_ **Valor de las pérdidas de producción, ventas o servicios**

12. ¿Podría alguna de las pérdidas de producción, ventas, o servicios ser re-fabricadas o recuperadas? (Encierre un número)

1 **No** **Pasar a la pregunta 15**

2 **Sí**

13. ¿Qué porcentaje de las pérdidas de producción, ventas, o servicios probablemente serían re-fabricadas o recuperadas? (Llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

\_\_\_\_\_%

14. ¿Qué medidas tomaría para que las pérdidas de producción, ventas, o servicios sean re-fabricadas o recuperadas? (Encierre un número)

1 Trabajando turno(s) extras o la ampliación de horas laborales

2 Trabajar más intensamente o incrementar las ventas durante horas de trabajo normal

3 Otro (Por favor especificar : \_\_\_\_\_)

15. Por favor, determine una estimación de costos y ahorros que generalmente espera su organización a consecuencia de ésta interrupción de 1 segundo. Si usted piensa que no habría ningún costo de ahorro para un ítem específico, por favor, poner un cero en el espacio vacío. (Llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

**Costos de mano de obra**

**Costo estimado**

Los sueldos y salarios pagados al personal que no pueden trabajar

\$ \_\_\_\_\_

Costo de mano de obra para compensar la pérdida de producción, ventas, o servicios (como el pago de las horas extraordinarias, turnos extras, etc.)

\$ \_\_\_\_\_

**Costo de Material**

Daño o deterioro a los materiales, productos terminados, o Inventario

\$ \_\_\_\_\_

**Costos Adicionales**

Costos extra de reanudación o reinicio de operaciones \$ \_\_\_\_\_

Los costos corrientes de gastos fijos obtenidos durante la Interrupción y período de reanudación \$ \_\_\_\_\_

Daño a las instalaciones de su empresa o equipo \$ \_\_\_\_\_

Costo para operar o rentar equipo de respaldo \$ \_\_\_\_\_

Otros (Por favor especifique : \_\_\_\_\_) \$ \_\_\_\_\_

**Ahorro**

Ahorro de materiales no utilizados o inventario \$ \_\_\_\_\_

Ahorro en su factura de energía \$ \_\_\_\_\_

Ahorro de los salarios que no fueron pagados \$ \_\_\_\_\_

Otros (Por favor especifique : \_\_\_\_\_) \$ \_\_\_\_\_

Caso 2: Asumamos que la siguiente interrupción ocurre en esta situación.

<b>Duración de la interrupción:</b>	<b>3 minutos</b>
<b>Situación cuando ocurre la interrupción:</b>	Día de semana en Verano comenzando a las 2 p.m.
<b>Advertencia o notificación previa:</b>	Ninguno

16. En general, ¿Qué tan disruptivo<sup>2</sup> sería para su organización esta interrupción? (Encierre un número)

No detiene el ciclo de producción	Detiene el ciclo del 1% ~ 20%	Detiene el ciclo del 21% ~ 40%	Detiene el ciclo del 41% ~ 60%	Detiene el ciclo del 61% ~ 80%	Detiene el ciclo del 81% ~ 95%	Interrumpe totalmente el ciclo de producción
1	2	3	4	5	6	7

17. ¿Cuánto se retrasarían las actividades de su organización, como resultado de esta interrupción? (Encierre un número)

- 1 Ninguna, las actividades continúan -----> Pasar a la Como de costumbre **pregunta 23**
- 2 Ninguna, Ninguna de las actividades -----> Pasar a la Usualmente ocurren en este momento **pregunta 23**
- 3 Disminución de menos del 10 por ciento
- 4 Disminución en 11-25 por ciento
- 5 Disminución en 26-50 por ciento
- 6 Disminución en 51-75 por ciento
- 7 Disminución en 76-99 por ciento

<sup>2</sup> **Disruptivo (del inglés Disruptive):** Que produce ruptura brusca, Diccionario de la lengua española vigésimo segunda edición; en nuestro caso, entiéndase como disruptivo a la interrupción del ciclo de producción o jornada laboral ordinaria.

**8 Disminución en un 100 por ciento, detener todas las actividades**

18. En general, ¿Cuánto tiempo se detendrían las actividades o se retardarían como resultado de esta interrupción de 3- minutos? (llenar sólo uno un espacio vacío)

Actividades se detendrían o retardarían por:

\_\_\_\_\_Segundos o \_\_\_\_\_Minutos o \_\_\_\_\_Horas

19. ¿Cuál es el valor de la producción, ventas, o servicios que se perdería mientras las actividades se detienen o retardan debido a esta interrupción de 3 minutos? (llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

\$\_\_\_\_\_ Valor de las pérdidas de producción, ventas o servicios

20. ¿Podría alguna de las pérdidas de producción, ventas, o servicios ser re-fabricadas o recuperadas? (Encierre un número)

1 No Pasar a la pregunta 23

2 Sí

21. ¿Qué porcentaje de las pérdidas de producción, ventas, o servicios probablemente serían re-fabricadas o recuperadas? (Llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

\_\_\_\_\_%

22. ¿Qué medidas tomaría para que las pérdidas de producción, ventas, o servicios sean re-fabricadas o recuperadas? (Encierre un número)

1 **Trabajando turno(s) extras o la ampliación de horas laborales**

2 **Trabajar más intensamente o incrementar las ventas durante horas de trabajo normal**

3 **Otro (Por favor especificar : \_\_\_\_\_)**

23. Por favor, denos una estimación de costos y ahorros que generalmente espera su organización por experimentar debido a esta interrupción de 3 minutos. Si usted piensa que no habría ningún costo de ahorro para un ítem específico, por favor, poner un cero en el espacio vacío. (Llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

**Costos de mano de obra**

**Costo estimado**

Los sueldos y salarios pagados al personal que no pueden trabajar

\$ \_\_\_\_\_

Costo de mano de obra para compensar la pérdida de producción, ventas, o servicios (como el pago de las horas extraordinarias, turnos extras, etc.)

\$ \_\_\_\_\_

**Costo de Material**

Daño o deterioro a los materiales, productos terminados, o Inventario

\$ \_\_\_\_\_

**Costos Adicionales**

Costos extra de reanudación o reinicio de operaciones \$ \_\_\_\_\_

Los costos corrientes de gastos fijos obtenidos durante la Interrupción y período de reanudación \$ \_\_\_\_\_

Daño a las instalaciones de su empresa o equipo \$ \_\_\_\_\_

Costo para operar o rentar equipo de respaldo \$ \_\_\_\_\_

Otros (Por favor especifique : \_\_\_\_\_) \$ \_\_\_\_\_

**Ahorro**

Ahorro de materiales no utilizados o inventario \$ \_\_\_\_\_

Ahorro en su factura de energía \$ \_\_\_\_\_

Ahorro de los salarios que no fueron pagados \$ \_\_\_\_\_

Otros (Por favor especifique : \_\_\_\_\_) \$ \_\_\_\_\_

Caso 3: Asumamos que la siguiente interrupción ocurre en esta situación.

<b>Duración de la interrupción:</b>	<b>1 Hora</b>
<b>Situación cuando ocurre la interrupción:</b>	Día de semana en Verano comenzando a las 2 p.m. 48 horas antes de la interrupción, han sido
<b>Advertencia o notificación previa:</b>	notificado como "interrupciones rotativas posibles"

24. En general, ¿Qué tan disruptivo<sup>3</sup> sería para su organización esta interrupción? (Encierre un número)

No detiene el ciclo de producción	Detiene el ciclo del 1% ~ 20%	Detiene el ciclo del 21% ~ 40%	Detiene el ciclo del 41% ~ 60%	Detiene el ciclo del 61% ~ 80%	Detiene el ciclo del 81% ~ 95%	Interrumpe totalmente el ciclo de producción
1	2	3	4	5	6	7

25. ¿Cuánto se retrasarían las actividades de su organización, como resultado de esta interrupción? (Encierre un número)

- 1 Ninguna, las actividades continúan -----> Pasar a la Como de costumbre pregunta 31
- 2 Ninguna, Ninguna de las actividades -----> Pasar a la Usualmente ocurren en este momento pregunta 31
- 3 Disminución de menos del 10 por ciento
- 4 Disminución en 11-25 por ciento
- 5 Disminución en 26-50 por ciento

<sup>3</sup> **Disruptivo (del inglés Disruptive):** Que produce ruptura brusca, Diccionario de la lengua española vigésimo segunda edición; en nuestro caso, entiéndase como disruptivo a la interrupción del ciclo de producción o jornada laboral ordinaria.

- 6 **Disminución en 51-75 por ciento**
- 7 **Disminución en 76-99 por ciento**
- 8 **Disminución en un 100 por ciento, detener todas las actividades**

26. En general, ¿Cuánto tiempo se detendrían las actividades o se retardarían como resultado de esta interrupción de 1- hora? (llenar sólo uno un espacio vacío)

Actividades se detendrían o retardarían por:

\_\_\_\_\_ **Segundos** o \_\_\_\_\_ **Minutos** o \_\_\_\_\_ **Horas**

27. ¿Cuál es el valor de la producción, ventas, o servicios que se perdería mientras las actividades se detienen o retardan debido a esta interrupción de 1 hora? (llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

\$ \_\_\_\_\_ **Valor de las pérdidas de producción, ventas o servicios**

28. ¿Podría alguna de las pérdidas de producción, ventas, o servicios ser re-fabricadas o recuperadas? (Encierre un número)

1 **No** **Pasar a la pregunta 31**

2 **Sí**

29. ¿Qué porcentaje de las pérdidas de producción, ventas, o servicios probablemente serían re-fabricadas o recuperadas? (Llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

\_\_\_\_\_ %

30. ¿Qué medidas tomaría para que las pérdidas de producción, ventas, o servicios sean re-fabricadas o recuperadas? (Encierre un número)

1 **Trabajando turno(s) extras o la ampliación de horas laborales**

2 **Trabajar más intensamente o incrementar las ventas durante horas de trabajo normal**

3 **Otro (Por favor especificar : \_\_\_\_\_)**

31. Por favor, denos una estimación de costos y ahorros que generalmente espera su organización por experimentar debido a esta interrupción de una hora. Si usted piensa que no habría ningún costo de ahorro para un ítem específico, por favor, poner un cero en el espacio vacío. (Llene espacio vacío --- Por favor, estime si no está seguro)

**Costos de mano de obra**

**Costo estimado**

Los sueldos y salarios pagados al personal que no pueden trabajar

\$ \_\_\_\_\_

Costo de mano de obra para compensar la pérdida de producción, ventas, o servicios (como el pago de las horas extraordinarias, turnos extras, etc.)

\$ \_\_\_\_\_

**Costo de Material**

Daño o deterioro a los materiales, productos terminados, o Inventario

\$ \_\_\_\_\_

**Costos Adicionales**

Costos extra de reanudación o reinicio de operaciones \$ \_\_\_\_\_

Los costos corrientes de gastos fijos obtenidos durante la Interrupción y período de reanudación \$ \_\_\_\_\_

Daño a las instalaciones de su empresa o equipo \$ \_\_\_\_\_

Costo para operar o rentar equipo de respaldo \$ \_\_\_\_\_

Otros (Por favor especifique : \_\_\_\_\_) \$ \_\_\_\_\_

**Ahorro**

Ahorro de materiales no utilizados o inventario \$ \_\_\_\_\_

Ahorro en su factura de energía \$ \_\_\_\_\_

Ahorro de los salarios que no fueron pagados \$ \_\_\_\_\_

Otros (Por favor especifique : \_\_\_\_\_) \$ \_\_\_\_\_

32. Aproximadamente, ¿cuánto dinero en total pierde **anualmente**, su organización o empresa, como resultado de todas las interrupciones de servicio eléctrico de ésta instalación, sucursal o emplazamiento? (Por favor estimar - considerando todas las interrupciones que ocurran en un año cualquiera, sin importar su duración)

\$\_\_\_\_\_

Algunos antecedentes de su organización, nos ayudaría a entender cómo afectan las interrupciones en el servicio eléctrico a su tipo de operaciones o negocios. Todas sus respuestas serán **estrictamente confidenciales**. La información será usada sólo como punto de comparación entre diferentes tipos de empresas y de negocios. Nunca identificaremos individualmente a empresas con sus respectivas respuestas.

33. ¿Cuál de las siguientes opciones que se presentan se adecúan más a las horas normales de operación en su organización en éste local? Esto podría ser cuando la mayoría de empleados u ocupantes están presentes, y puede incluir todos los turnos. Por favor no incluir horas en las cuales sólo estén presentes el personal de seguridad y mantenimiento (encierre un número)

- 1      **8 horas al día, 5 días a la semana.**
- 2      **12 horas al día, 5 días a la semana.**
- 3      **8 horas al día, 7 días a la semana.**
- 4      **12 horas al día, 7 días a la semana.**
- 5      **24 horas al día, 7 días a la semana.**

34. Aproximadamente, ¿A cuánto asciende la factura eléctrica mensual típicamente, para éste local en verano e invierno así como también su

consumo de energía y su demanda ? (Escriba su mejor estimado en cada línea a continuación)

Factura eléctrica en verano \$ \_\_\_\_\_ por mes.

Factura eléctrica en invierno \$ \_\_\_\_\_ por mes.

Consumo de energía \_\_\_\_\_ KWh (Promedio anual)

Demanda o Potencia contratada \_\_\_\_\_ Kw

35. ¿Cuáles de las siguientes opciones de equipo, tiene instalada su compañía en ésta instalación para manejar la calidad de energía ó lo concerniente a la confiabilidad de la misma? (Encerrar todas las alternativas que posea)

- 1 **Protectores de sobretensión en lugares clave del equipo.**
- 2 **Dispositivos de fuentes ininterrumpidas de energía (UPS).**
- 3 **Acondicionadores de línea o filtros.**
- 4 **Generadores de Respaldo.**
- 5 **Sistemas de cogeneración capaces de generar la mayoría, o toda la Energía necesaria en la instalación.**
- 6 **Otros (Por favor especificar \_\_\_\_\_)**
- 7 **Ninguno de los antes mencionados -----> Pasar a la pregunta 38**

36. Aproximadamente, ¿Cuánto dinero ha invertido su organización en la compra e instalación del equipo descrito en la pregunta 35 para este local o sucursal? (escriba una cantidad)

\$ \_\_\_\_\_

37. Aproximadamente, ¿Qué porcentaje de la carga eléctrica total de su instalación está cubierta por...? (Escriba un porcentaje por cada alternativa)

Porcentaje de carga cubierto

Un generador de respaldo o stand by \_\_\_\_\_%

Dispositivos UPS, filtros \_\_\_\_\_%

38. Además de las interrupciones del servicio eléctrico, existe otra variedad de perturbaciones eléctricas que una empresa puede sufrir. Estas pueden incluir fluctuaciones de voltaje, sags, picos, surges, armónicos, pérdidas de fase y problemas de aterrizaje a tierra. Para propósito de ésta encuesta, nos referiremos a todas estas como eventos de baja calidad de energía (PQ por sus siglas en inglés Power Quality).

Aproximadamente, ¿Cuántos eventos de ésta naturaleza experimenta su organización, en éste local en un año cualquiera?

- |   |            |                             |
|---|------------|-----------------------------|
| 1 | Ninguno    | -----> Saltar a pregunta 43 |
| 2 | 1 a 4.     |                             |
| 3 | 5 a 9.     |                             |
| 4 | 10 a 19.   |                             |
| 5 | 20 a 29.   |                             |
| 6 | 30 a 39.   |                             |
| 7 | 40 a 49.   |                             |
| 8 | 50 a 99.   |                             |
| 9 | 100 ó más. |                             |

39. ¿Cuáles de los fenómenos enlistados ocurren típicamente en sus instalaciones, cuando ocurren eventos de baja calidad de energía? (Encerrar todos los fenómenos experimentados).

1. Destello de luminarias (Flicker), intermitencia o disminución de luz.
2. Disparo de Circuit breakers o interruptores de potencia.
3. Computadoras bloqueadas o reiniciadas por sí mismas.
4. Motores u otros equipos de procesamiento se inician o detienen por sí Solos.
5. Motores u otros equipos de procesamiento disminuyen su velocidad o se Aceleran inesperadamente.
6. Motores u otros equipos de procesamiento son dañados.
7. Computadoras u otros equipos electrónicos son dañados.
8. Empleados reciben descargas eléctricas al tocar el equipo.
9. Otros (Especificar \_\_\_\_\_)
10. Ninguno de los antes mencionados.

40. ¿Las actividades o procesos primarios de su organización son significativamente retrasados o detenidos cuando ocurren eventos de baja calidad de energía en éste local o sucursal específicamente?

- 1 No -----> Pasar a pregunta 42  
2 Sí.

41. En general, ¿Cuánto tiempo son detenidas o retrasadas las actividades al ocurrir eventos de baja calidad de energía? (Llenar solamente un espacio)

Actividades retrasadas o detenidas por:

\_\_\_\_\_ Segundos      ó \_\_\_\_\_ Minutos ó \_\_\_\_\_ Horas

42. Aproximadamente, ¿Cuánto dinero pierde anualmente su organización como resultado de este tipo de eventos de baja calidad de energía descritos en las preguntas de la 38 a la 41? (Por favor estimar un valor - sin incluir perdidas resultantes de interrupciones del servicio eléctrico aunque estas duraran sólo un segundo).

\$ \_\_\_\_\_

43. ¿Alguna de las pérdidas sufridas por su organización en éste local - ya sea por eventos de baja calidad de energía o interrupciones - han sido compensadas de alguna forma por la distribuidora? (encierre un número)

1      No      -----> Termina la encuesta

2      Sí.

44. Históricamente, ¿Qué porcentaje de las pérdidas monetarias totales de su organización, originadas por eventos de baja calidad de energía o interrupciones, han sido remuneradas o compensadas por la compañía distribuidora? (Escriba un porcentaje - por favor su mejor estimación)

\_\_\_\_\_ % del total de pérdidas por interrupciones / eventos de calidad de energía.

**“Gracias por su colaboración”**

### 3.10 Desarrollo de distribución de encuestas

Las empresas en nuestro país gozan de una gran reserva al respecto de revelar datos de costos, lo que volvió más difícil la recolección total de las encuestas.

La distribución de encuestas/estudio a empresas, prospero a un paso bastante aceptable a nuestras expectativas, la ayuda por parte de ingenieros docentes, compañeros y amigos en empresas hizo que la factibilidad de recepción y colaboración en el llenado de la encuesta fuera positiva y en aumento.

Nuestros esfuerzos en la distribución de encuestas fueron orientados en todos los sectores determinados, con especial énfasis en el sector industria o empresas de procesos continuos de manufactura, ya que son las cuales tiene una mayor cantidad en nuestro muestreo estratificado con afijación óptima 27, sin embargo, se logro obtener 10 encuestas en el sector de Economía Digital y 9 en el sector de Fabricación y servicios esenciales; por lo cual los datos presentados a continuación corresponden a las 46 empresas salvadoreñas, los cuales han colaborado con sus respuestas a las encuestas entregadas; con la siguiente distribución:

Tamaño de la empresa ( N° de empleados)	Economía Digital (DE)	Procesos Continuos de Manufactura (CPM)	Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES)	Total
50 -99 empleados	5/11	4/19	2/8	11/38
100 -199 empleados	2/3	5/11	4/5	11/19
200 y más empleados	3/3	18/22	3/4	24/29
<b>Total</b>	<b>10/17</b>	<b>27/52</b>	<b>9/17</b>	<b>46/86</b>

**Tabla 3.2. Resumen final distribución de encuestas completas por sector y tamaño**

Aunque actualmente tenemos la colaboración de la Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI), a través de la secretaría del departamento de energía de la ASI, con la distribución de 40 encuestas, solo 10 de ellas fueron completadas, catalogándolas en sus respectivos sectores, los datos recabados de las encuestas actuales, han sido digitados en una plantilla de Excel, de diseño propio, la cual generara los gráficos representativos del patrón manifestado por las empresas consultadas.

Luego, al obtener todos los diferentes resultados de las diferentes categorías del estudio, así como lo son las empresas de Economía Digital (DE); Fabricación y Servicios Esenciales (F&ES) y Procesos de Fabricación Continua (CPM) se determino el patrón que mejor representa el comportamiento o el fenómeno reflejado en la categoría y el tamaño de las empresas.

## Capítulo 4. Costos de Interrupciones Individuales y Acumulados

Entender los costos inherentes a las empresas y como varían los mismos; nos provee de un punto de vista muy significativo para evaluar, cómo la confiabilidad de la energía eléctrica, y cómo la energía interrumpida, afectan las operaciones empresariales.

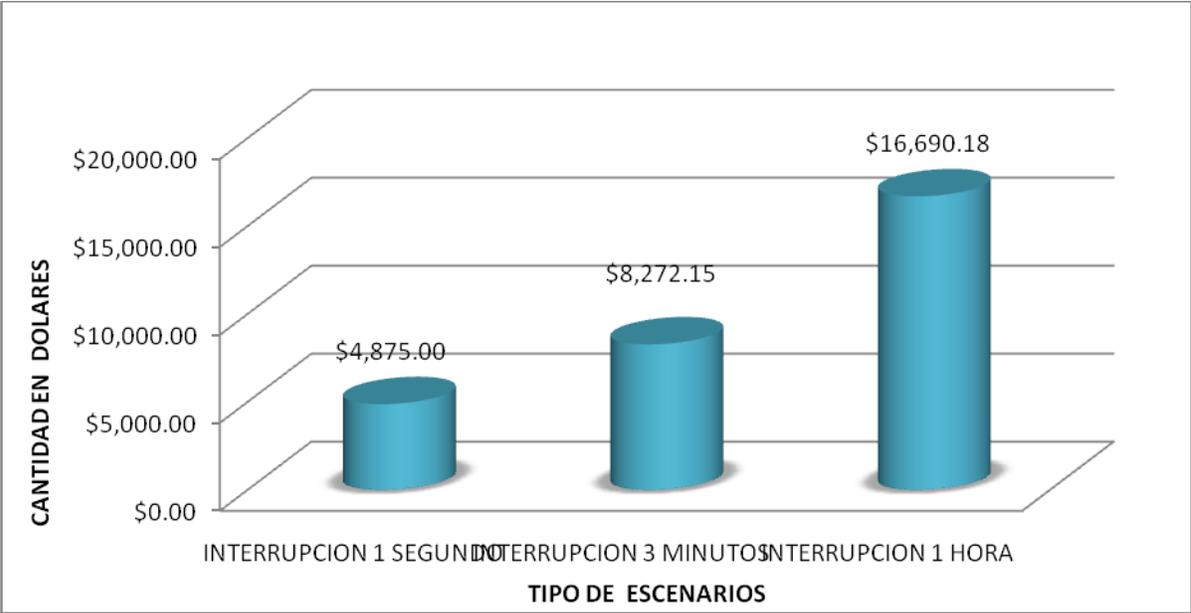
Para entender el impacto de las interrupciones en el servicio eléctrico salvadoreño y como son afectadas las empresas en nuestro país, sin distinción de sector o tamaño de la empresa, se necesita saber los costos individuales y acumulados de todas las interrupciones experimentadas por las empresas en un año típico. En este apartado del estudio considerara la interrogante si usando los reportes de interrupciones anuales tabulados del estudio de cada sector encuestado; *¿Serán suficientemente representativos para extrapolarlos y/o adecuarlos a cualquiera o todas las empresas salvadoreñas?* Esperamos que así sea.

Todos los resultados que presentamos a continuación pertenecen a las empresas pertenecientes a todas las categorías distribuidas, mostradas en la tabla 3.1, en la proporción indicada, sin distinción por sector o tamaño.

La figura 4-1 compara los costos promedios de una empresa cualquiera, sin distinción de categoría o sector, a una interrupción de tres diferentes duraciones o escenarios planteados en el estudio un segundo, tres minutos y una hora.

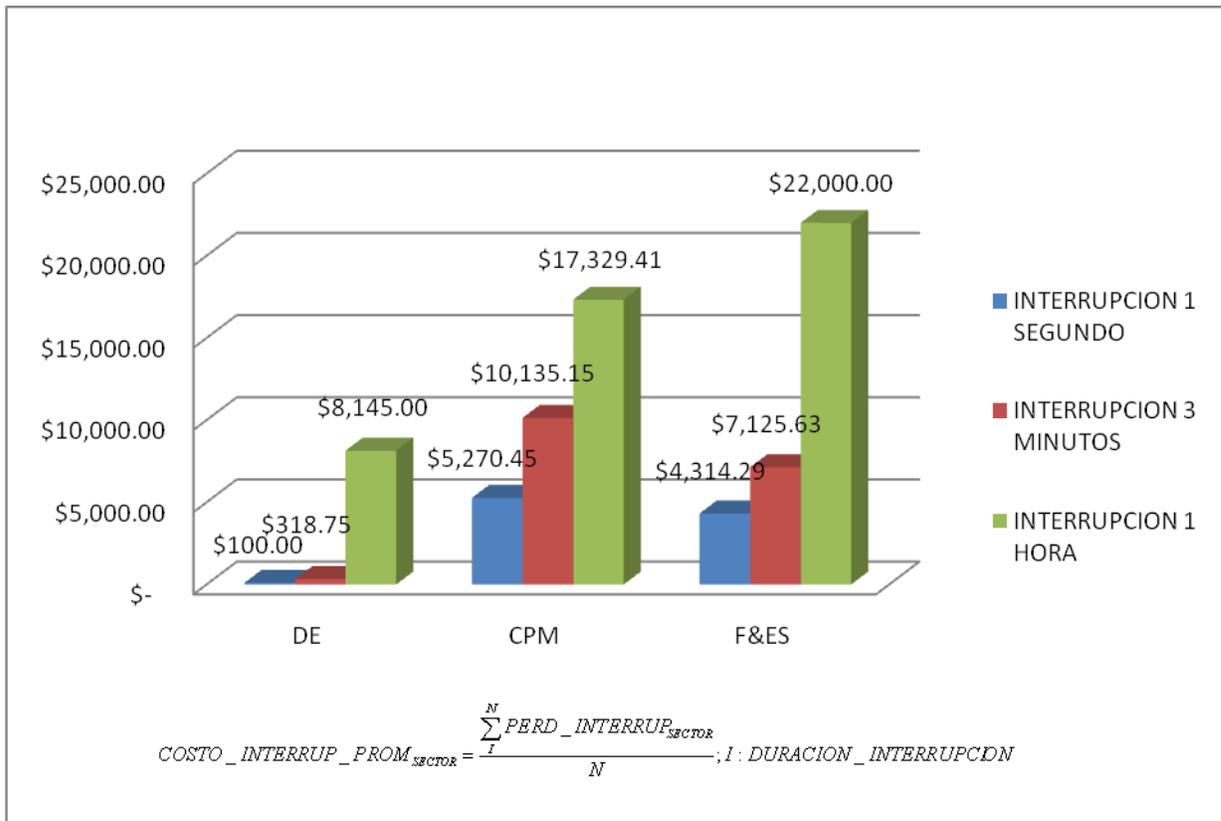
En la figura 4-1, podemos observar los diferentes costos promedios de las empresas encuestadas, sin diferenciar sector al cual pertenece, en esta gráfica se muestra el compilado de todas las empresas sin distinción de tamaño por la razón siguiente, al ver los datos preliminares separando los escenarios por tamaño de empresa, se observo el mismo patrón, sin mucha diferencia o discrepancia alguna,

por lo que se mantuvo este grafico mostrando las cantidades totales y el comportamiento de los costos a los que se ven afectas las empresas, en los diferentes escenarios del estudio.



**Figura 4-1. Costo Promedio en Pérdidas de Producción para diferentes Escenarios de Interrupciones**

**Hallazgo:** Interrupciones más prolongadas generan costos mayores a las empresas, aunque el costo generado por una interrupción de una hora es bastante elevado (\$16,690.18) la diferencia entre el costo de una interrupción de una hora y de un segundo no es tan grande, por lo que no se puede deducir relación linealmente proporcional entre tiempo de interrupción y costo incurrido ya que nos devolvería una relación de 3600 a 1!!! Cuando la proporción mostrada en la grafica seria de 29.2 a 1; es decir el costo promedio de interrupción con duración de un segundo es el 29.2% del costo de una interrupción de una hora de duración.

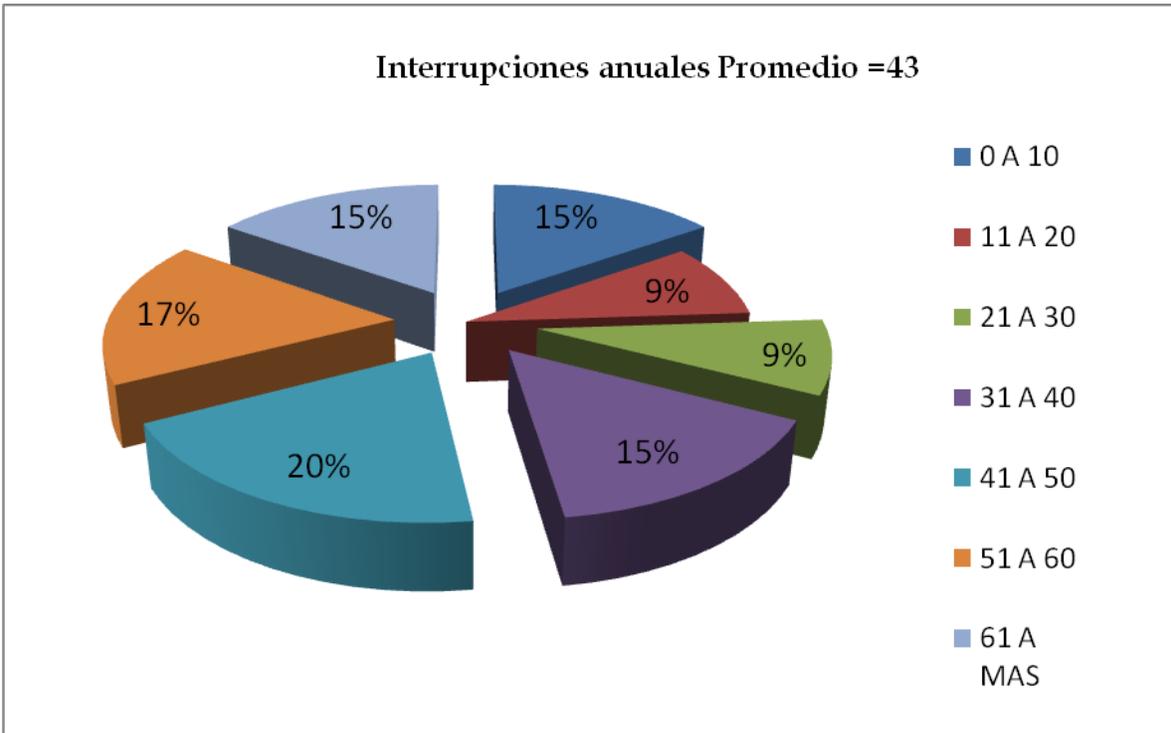


**Figura 4-2. Costo Promedio en Pérdidas de Producción para diferentes Escenarios de Interrupciones por sector y duración.**

**Hallazgo:** La figura 4-2 revela que el sector CPM es el más vulnerable por una interrupción de 1 segundo, con un costo promedio de interrupción de \$ 5,270.45, de 3 minutos de \$10,135.15 y de 1 hora de \$17,329.41, respectivamente. En el sector F&ES se obtienen los costos más elevados en una interrupción por una hora de \$22,000.00, y finalmente se observa que el sector DE incurre en un costo de interrupción menor que los otros dos sectores, para todos los escenarios.

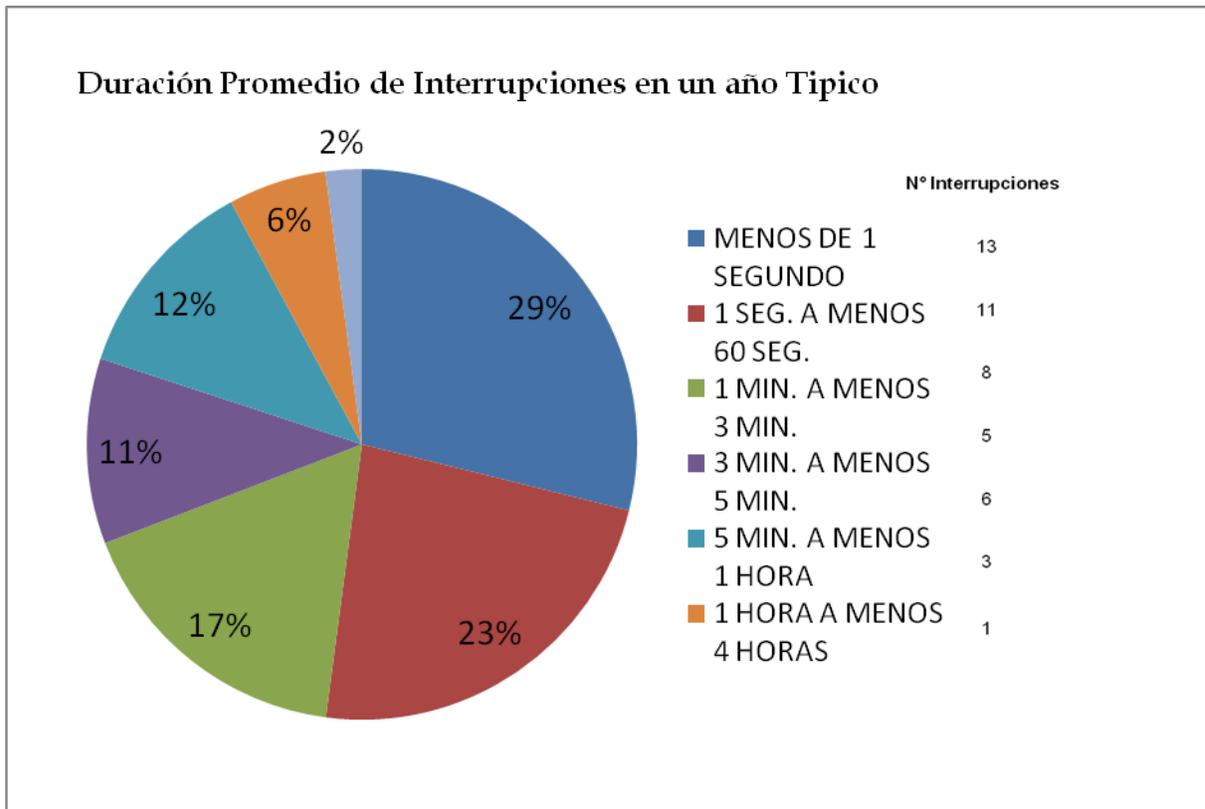
#### 4.1 Frecuencia y duración de las Interrupciones

Las respuestas obtenidas reportan un promedio de 43 interrupciones en un año típico. Aunque existe una variación sustancial en esta cantidad, como se muestra en la figura 4-3.



**Figura 4-3. Porcentaje Interrupciones ocurridas por empresas en un año Típico**

**Hallazgo:** La cantidad promedio de interrupciones en un año típico es de 43 interrupciones anuales, teniendo un 15% reportan un rango de 0 a 10 interrupciones al año, teniendo un 18 % reportan un rango de 11 a 30 interrupciones al año un 35% reportan interrupciones en un rango de 31 a 50 interrupciones anuales y un sustancial 32% reportan una cantidad superior a las 51 interrupciones al año.



**Figura 4-4 Duración Promedio de Interrupciones en un año típico**

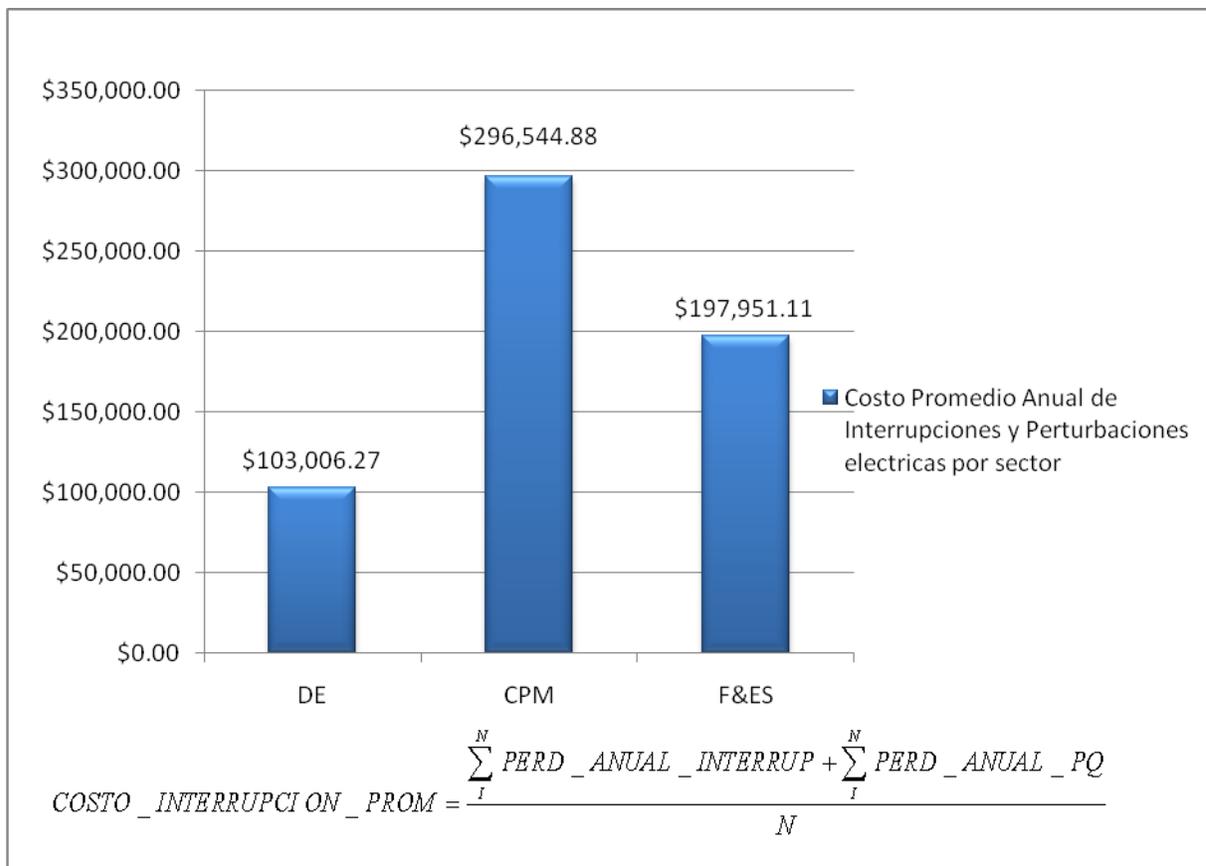
**Hallazgo:** Los resultados del estudio reportaron que el 69% de las interrupciones están registradas a menos de 3 minutos de duración (figura 4-4). Las interrupciones de una hora o de una mayor duración están representadas por sólo el 8% de las interrupciones experimentadas en su mayoría en el sector Industria.

Vale la pena recalcar este hallazgo, ya que estas interrupciones menores a tres minutos de duración, no son registradas en las estadísticas de interrupciones de empresas distribuidoras y no son sujetas a penalización o compensación proporcional al costo que experimenta el abonado ya que afectan notablemente los procesos operativos o productivos de las empresas.

## 4.2 Costos anuales por Interrupciones de Energía para empresas por sector.

Conociendo cuantas interrupciones de diferentes duraciones contempladas en el estudio, en un año típico y los costos asociados a estas distintas duraciones nos permite calcular el costo total anual en los que incurren las empresas por sector o categoría.

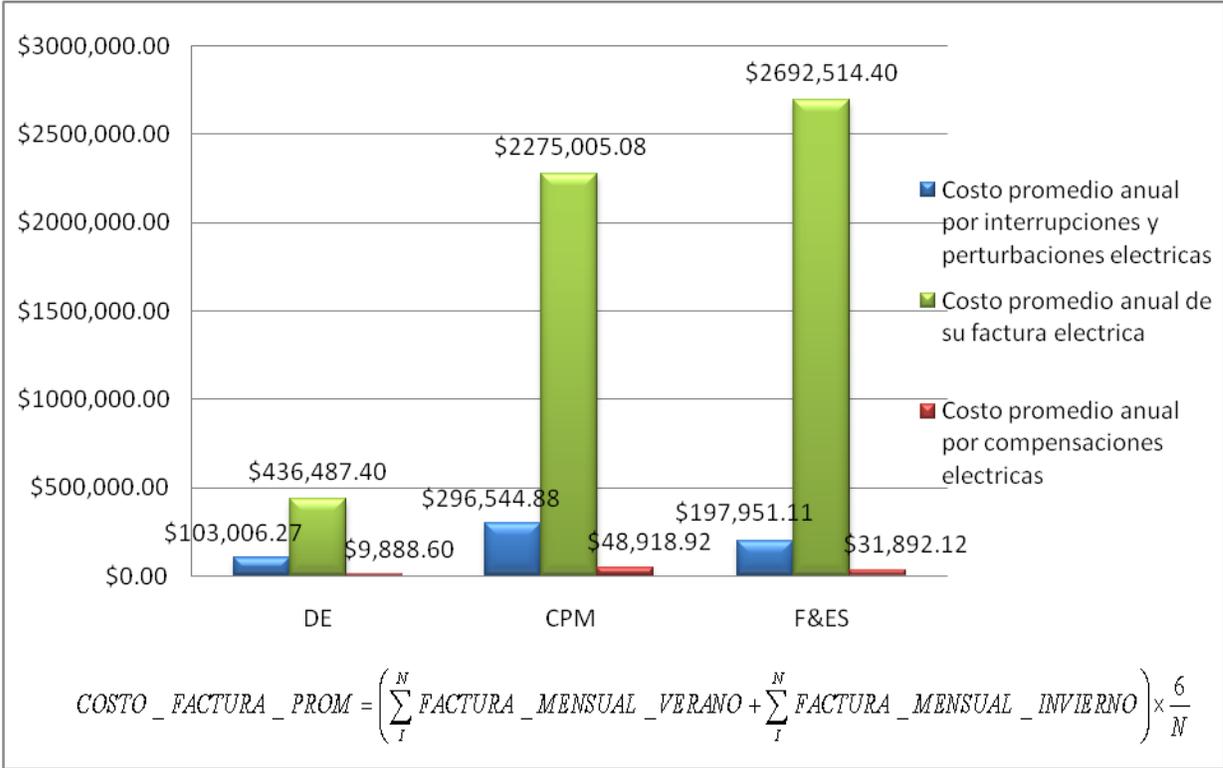
La figura 4-5 nos muestra, cómo los costos promedio anuales de diferentes sectores varían por la categoría a la que pertenecen.



**Figura 4-5. Costo promedio anual de Interrupciones y Perturbaciones Eléctricas por sector.**

Una forma de poner estos costos en perspectiva es por la comparación con el monto al que asciende la factura promedio anual por sector. La figura 4-6,

contrasta el costo promedio anual de interrupción por establecimiento con el monto estimado al que asciende la factura anual de electricidad por sector y la compensación por interrupciones correspondientes su respectivo sector.

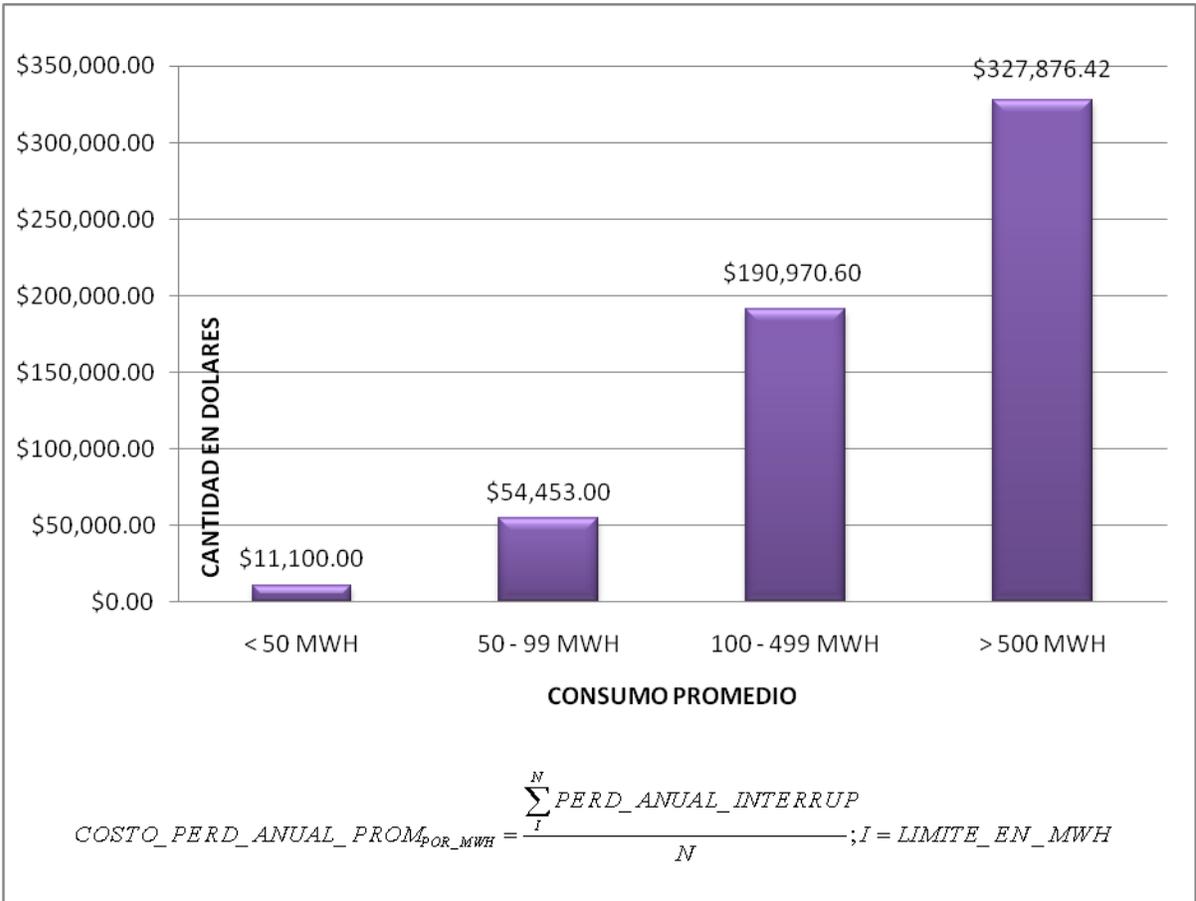


**Figura 4-6. Comparación entre los costos promedio anual de Interrupciones con su factura eléctrica y la compensación promedio percibida por el sector.**

**Hallazgo:** Para cada sector, puede verse con claridad que un buen porcentaje de la factura eléctrica que se cancela anualmente por las empresas, por ejemplo en las empresas industriales (CPM); el 13% de la factura cancelada es consecuencia por perdidas de interrupciones y fenómenos de PQ, una situación más favorable se observa para el sector de Servicios esenciales (F&ES) en donde sólo un 7% de su factura promedio anual es cancelada; encontrando la situación más crítica para las empresas de economía digital (DE) en las cuales un 24% de su factura anual es pagada por perdidas de interrupciones y fenómenos de PQ; las compensaciones hechas por las compañías distribuidoras son bastante bajas en cada uno de los

sectores. En contraste se observa que las compensaciones promedio hechas por sector son mayores de lo esperado, sobre todo en el sector de Procesos de fabricación continua (CPM) dónde se observa una compensación promedio del 16.5% de los costos de interrupciones y fenómenos de calidad de energía, un valor bastante parecido al obtenido para las empresas del sector de Fabricación y servicios esenciales ( F&ES) , con un 16.11% de compensación y finalmente las empresas de Economía digital que perciben una compensación mínima de 9.6 % de sus costos promedios de interrupciones y fenómenos de PQ anuales.

Finalmente, la figura 4-7 nos muestra el costo anual de las interrupciones de la empresa por consumo anual de energía (kWh).

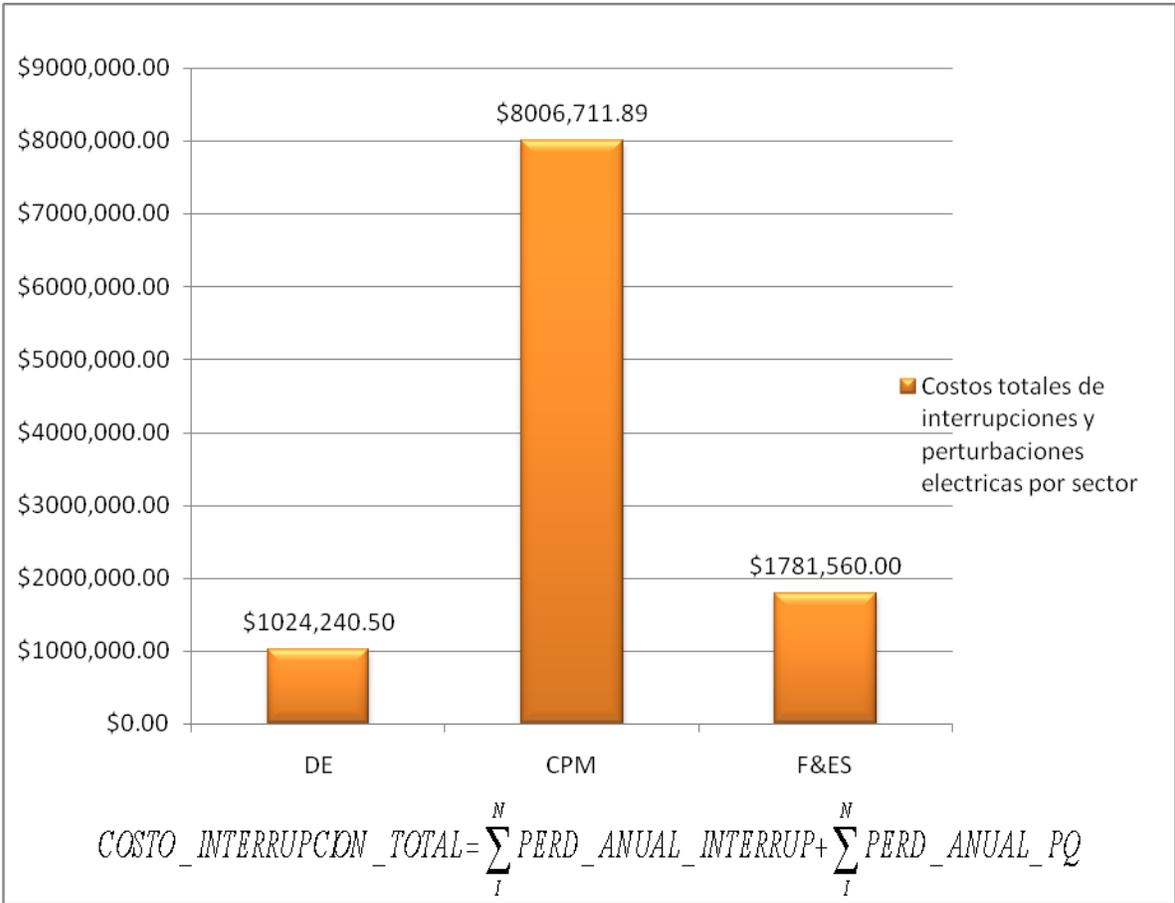


**Figura 4-7 Costo promedio anual de energía por empresas vs. Consumo anual sin diferenciar sector ni tamaño**

**Hallazgo:** los costos anuales incrementan por empresa en función de su consumo los cuales se vuelven sustancialmente mayores al superar los 500 MWh anuales.

**4.3 Costos anuales acumulados por interrupciones de energía eléctrica.**

Las empresas pertenecientes a los sectores de CPM, F&ES y DE, colectivamente, representan a aproximadamente 727 empresas en El Salvador con un promedio anual de pérdidas entre interrupciones al servicio eléctrico y fenómenos de baja calidad de energía, de alrededor de 10 millones de dólares en el sector industria como se muestra en la figura 4-8



**Figura 4-8 Costos totales de interrupciones y perturbaciones eléctricas por sector**

## **Capítulo 5: Costos asociados a Fenómenos de Calidad de Energía**

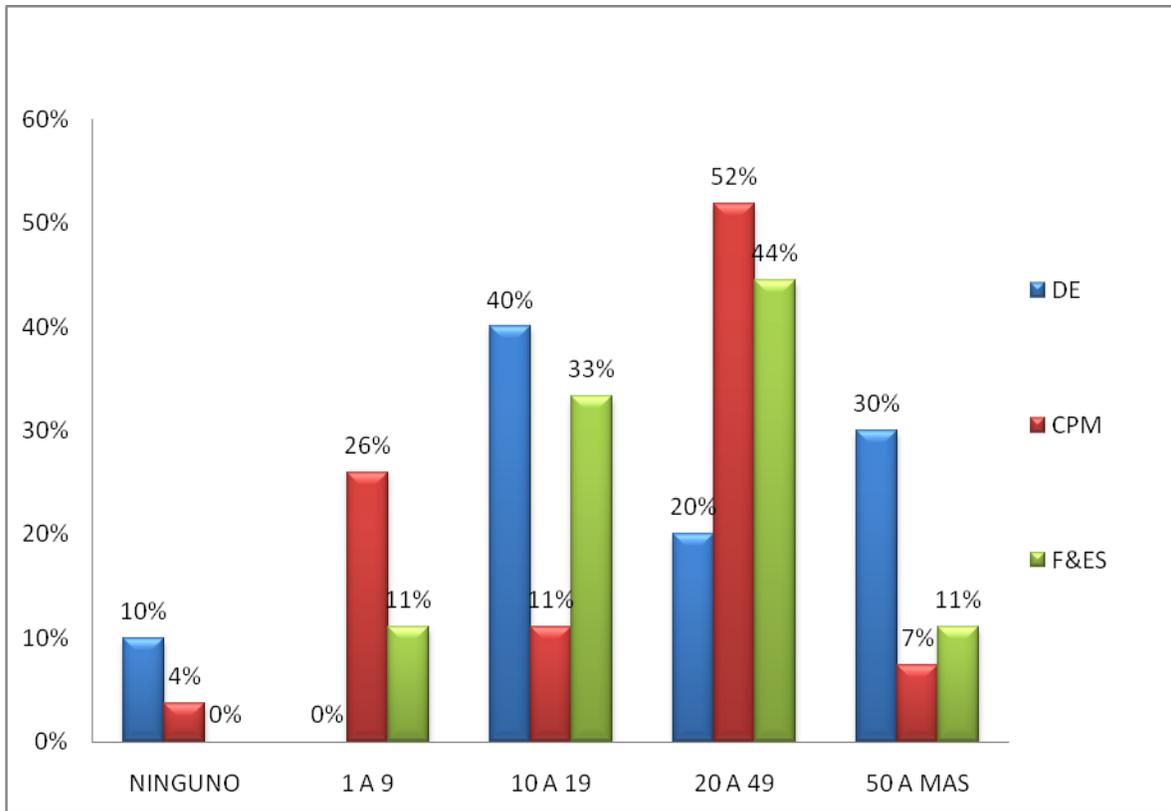
La calidad de energía es un concepto más utilizado por las empresas abonadas a las distribuidoras para referirse a la confiabilidad de la energía eléctrica.

Interrupciones eléctricas son típicamente fáciles de detectar, pero los fenómenos PQ son a menudo detectados sólo por sus síntomas, luces parpadeantes, calentamiento excesivo en equipos y mal funcionamiento de computadores o equipos de control, etc.

Por esto, Aun empresas que se pueden considerar relativamente sofisticadas con respecto al conocimiento de la energía, podrían desconocer acerca de cómo los fenómenos de PQ afectan sus operaciones. No obstante, la percepción de las empresas clientes al fenómeno de calidad de energía pueden proveernos al menos de un estimado inflado o subestimado del impacto financiero que le provoca.

### **5.1 Experiencia de las Empresas en los Fenómenos de PQ.**

Como con las interrupciones, hay una sustancial variación del número de problemas de PQ reportados en un año típico por las empresas. Sorprendentemente, cierto porcentaje de empresas, 10% en DE y 4% en CPM reportan no experimentar problemas de PQ, lo que significa que no están conscientes de los síntomas asociados a los fenómenos de PQ, dependiendo del sector reportan diferentes frecuencias de ocurrencias de dichos fenómenos, tomemos como ejemplo a las empresas de Economía Digital (DE); las cuales reportaron en un 40% de 10 a 19 fenómenos de PQ y un 20% reporto entre 20 y 49 fenómenos y el restante 30% de empresas reportaron más de 50 eventos al año, el máximo porcentaje reportado, en fenómenos de PQ anuales. Como se muestra en la figura 5-1, la frecuencia de problemas de PQ experimentados y reportados son distribuidos de la forma mostrada en los sectores.

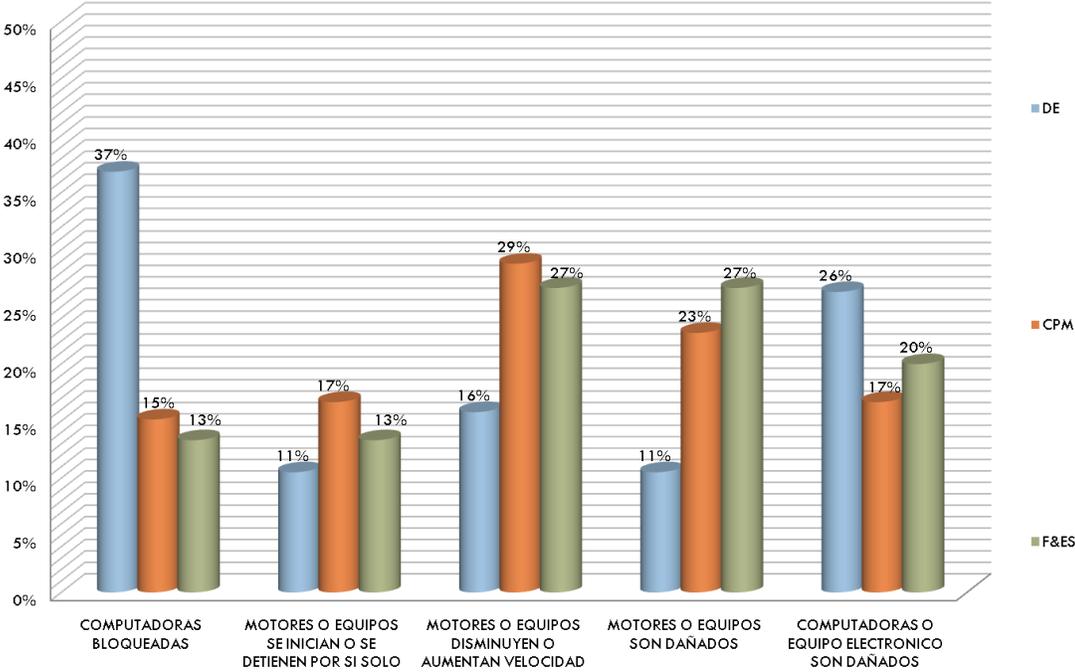


**Figura 5-1 Porcentaje de Eventos reportados relacionados a PQ por sector.**

**Hallazgo:** Aunque las respuestas de la encuesta estima la cantidad de problemas de PQ experimentados en un año típico por rangos, por ejemplo: para las empresas de Economía Digital; 0%, de 1 a 9 eventos; de 10 a 19; se determina un número promedio de eventos usando el punto medio de cada rango. Usando esta aproximación, el promedio de empresas de CPM o clientes industriales experimentan alrededor de 30 problemas de PQ anuales.

Como era esperado, el síntoma más común detectado en los problemas de PQ son aquellos experimentados cuando las luces parpadean, es decir el efecto flicker, y disparo de protecciones. Otros resultados comunes resultan en el bloqueo o reinicio de computadoras y empleados que experimentan descargas eléctricas al tocar el equipo.

La fig. 5-2 muestra el porcentaje de empresas que reportan efectivamente efectos nocivos de PQ por sector.



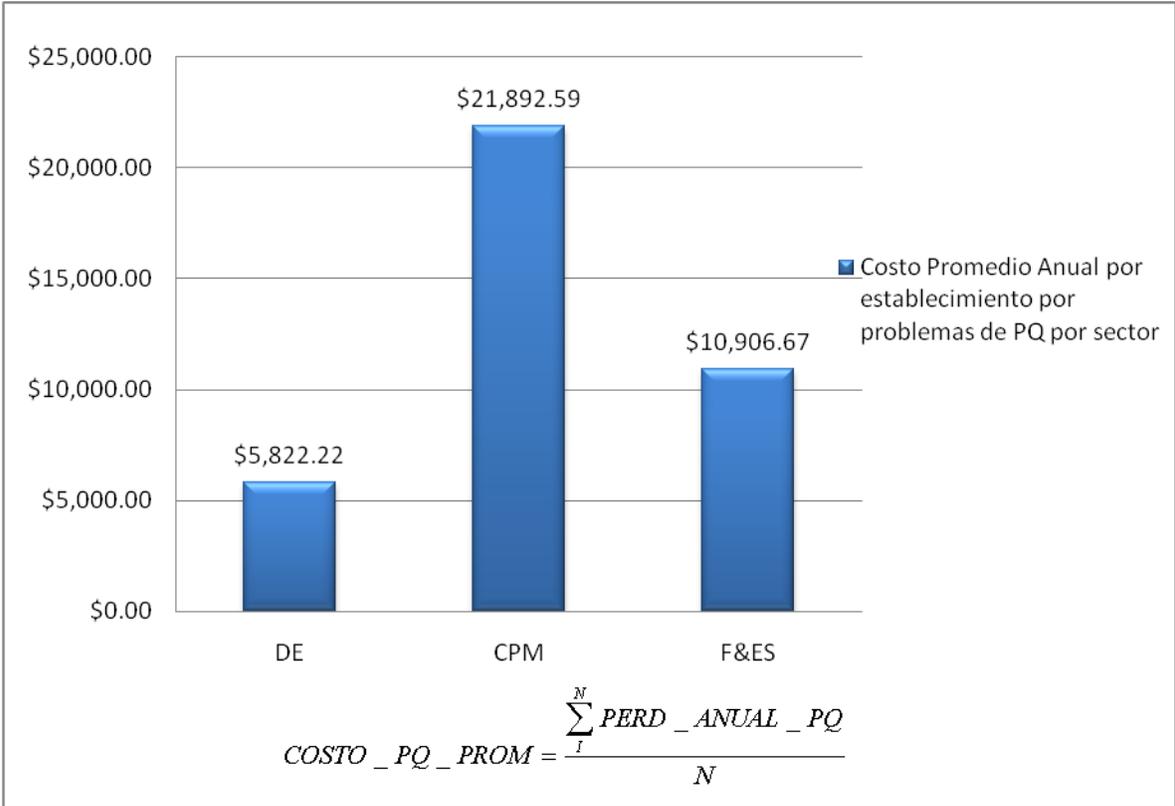
**Figura 5-2. Porcentaje de fenómenos de PQ reportados por las empresas de los respectivos sectores**

**Hallazgo:** Como se esperaba, bloqueo y reinicio de computadoras se presenta con mayor frecuencia en las empresas de Economía Digital, pero el daño a las computadoras y controles electrónicos es igual común en los sectores de CPM y F&ES (se presumen los mayores daños en elementos de control electrónico). El daño a motores u otro equipo es ligeramente más común en empresas de F&ES, igualmente un comportamiento eléctrico anormal en un motor (detenido espontáneo, aceleración o disminución de su velocidad) ocurre más a menudo en empresas del sector industria (F&ES y CPM).

**5.2 Costos anuales por Empresa**

En promedio, una empresa indistinta de los tres sectores reporta pérdidas anuales por problemas de PQ de \$16,481. Al igual que los costos por interrupciones, el promedio anual por estos problemas varían considerablemente entre establecimientos.

La Figura 5-3 muestra como el promedio anual de costos por fenómenos de PQ varía por sector.

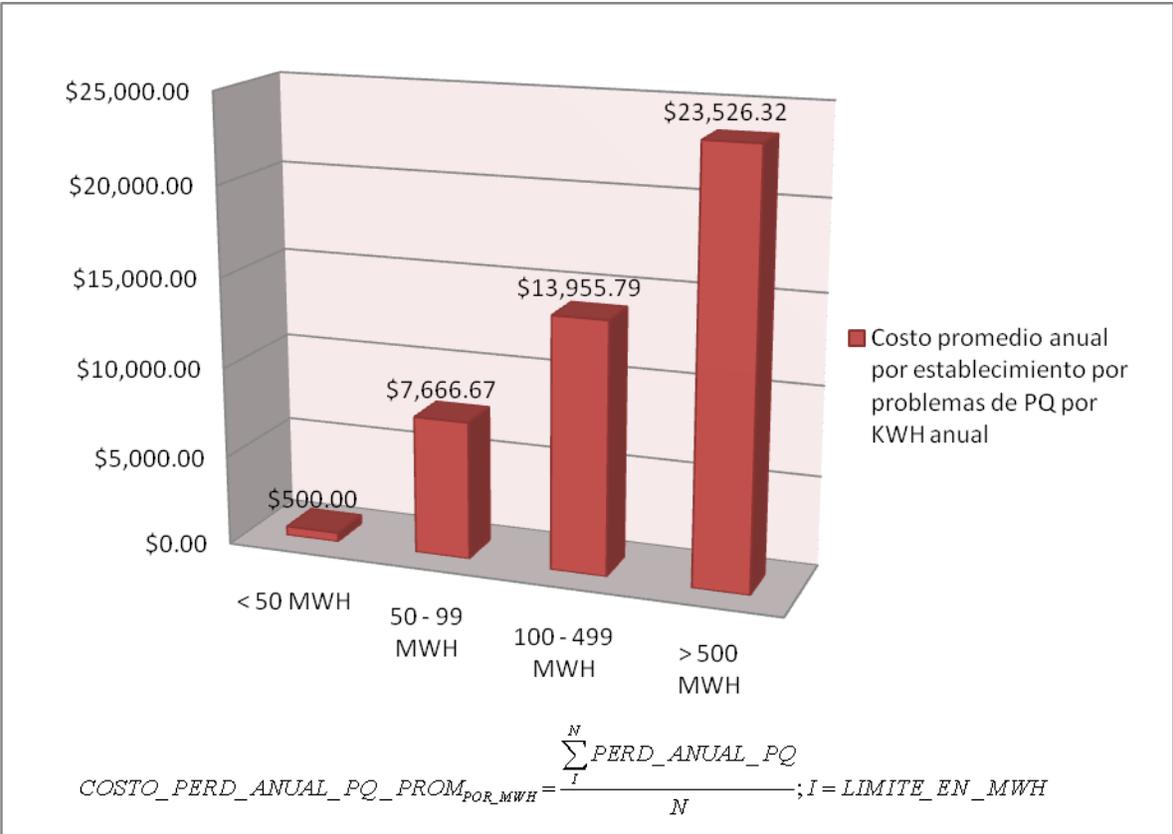


**Figura 5-3. Costo Promedio Anual por problemas de PQ por empresa en su respectivo sector**

**Hallazgo:** Las empresas de CPM tienen el costo más alto por mucho, con una pérdida promedio de \$21,892 por año. Los costos más bajos, sorprendentemente, están en el sector de DE. Esto sugiere que el daño a equipo industrial por

problemas de PQ es típicamente mayor a el costo de daño de computadoras o la pérdidas de producción que pueda sufrir una empresa de Economía Digital.

La Figura 5-4 subraya el enlace entre los costos por PQ y el tamaño de la empresa Asociándolo a su consumo de energía. Los costos aumentan a partir de los 50MWh la diferencia se observa más dramáticamente a niveles de 500 MWh.

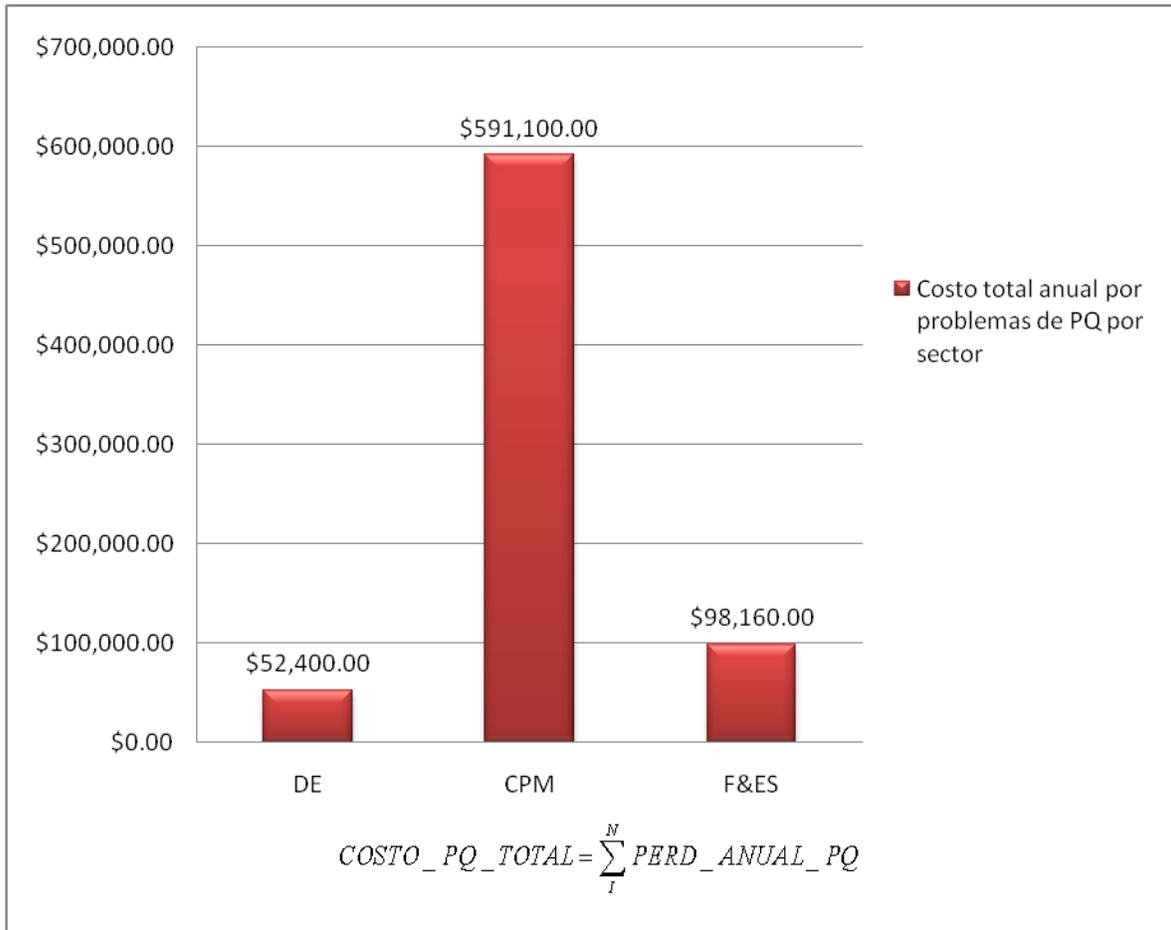


**Figura 5-4. Costo Promedio Anual por problemas de PQ, empresas clasificadas por consumo promedio anual.**

**5.3 Costos agregados de todas las empresas**

Con un promedio anual de \$16,481 de costos por problemas de PQ, las empresas de estas tres categorías colectivamente pierden \$741,660 al año por mala calidad de energía. Como se muestra en la figura 5-4, el sector de CPM acumula la mayoría de estos costos. El sector F&ES tiene pérdidas más grandes anualmente que las de DE,

aunque los costos individuales por establecimiento sean menores. Esto es porque el número de empresas de DE es actualmente, mayor al de las empresas de CPM.



**Figura 5-5. Costo Total Anual por problemas de PQ de empresas por sector.**

## Conclusiones

- ❖ El estudio realizado en base a experiencias individuales y colectivas de empresas salvadoreñas del sector industrial y comercial; ha permitido calcular un valor estimado de los costos directos promedio y acumulados que se experimentan por sector y por tamaño de empresa, y el impacto económico que representan las perturbaciones eléctricas, manifiestas en los fenómenos de calidad de energía, así como las interrupciones de diferente duración; de igual manera se pueden tipificar y vincular ciertos fenómenos de calidad de energía a un sector específico en función de su actividad laboral.

Lo que se lamenta realmente fue el hermetismo y renuencia de algunas empresas a colaborar con el estudio realizado, lo que se convirtió en la principal limitante para alcanzar la cantidad de encuestas completas ideales.

- ❖ El estudio también logro evidenciar las limitaciones que adolece el Acuerdo 192-E-2004 “Norma de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución” de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET. En la cual las compensaciones establecidas a interrupciones momentáneas o fenómenos de calidad de energía, no son proporcionales a los costos que estas provocan en la empresa. Al igual que no incluye algún tipo de compensación al fenómeno de calidad de energía de desbalance de voltaje.
- ❖ La encuesta también permitió observar que los costos experimentados por las compañías de economía digital son muchos menores que los referentes a la industria, lo cual es un buen indicador de el subdesarrollo en las empresas de avance tecnológico en el país.

- ❖ Los costos globales se consideraron de una manera diferente a el método implementado por el estudio base hecho por el CEIDS, ya que en éste estudio hacen uso de códigos SIC, un número que engloba muchas características de la empresa, así como región, sector, tamaño, etc. Al carecer de semejantes codificación se implementó el método del muestreo estratificado para reflejar los costos de la muestra en un estimado global del sector.
  
- ❖ Interrupciones más prolongadas generan costos mayores a las empresas, aunque el costo generado por una interrupción de una hora es bastante elevado (\$16,690.18) la diferencia entre el costo de una interrupción de una hora y de un segundo no es tan grande, por lo que no se puede deducir relación linealmente proporcional entre tiempo de interrupción y costo incurrido ya que nos devolvería una relación de 3600 a 1!!! Cuando la proporción mostrada en la grafica seria de 29.2 a 1; es decir el costo promedio de interrupción con duración de un segundo es el 29.2% del costo de una interrupción de una hora de duración.
  
- ❖ La figura 4-2 revela que el sector CPM es el más vulnerable por una interrupción de 1 segundo, con un costo promedio de interrupción de \$ 5,270.45, de 3 minutos de \$10,135.15 y de 1 hora de \$17,329.41, respectivamente. En el sector F&ES se obtienen los costos más elevados en una interrupción por una hora de \$22,000.00, y finalmente se observa que el sector DE incurre en un costo de interrupción menor que los otros dos sectores, para todos los escenarios.
  
- ❖ La cantidad promedio de interrupciones en un año típico es de 43 interrupciones anuales, teniendo un 15% reportan un rango de 0 a 10

interrupciones al año, teniendo un 18 % reportan un rango de 11 a 30 interrupciones al año un 35% reportan interrupciones en un rango de 31 a 50 interrupciones anuales y un sustancial 32% reportan una cantidad superior a las 51 interrupciones al año.

- ❖ Los resultados del estudio reportaron que el 69% de las interrupciones están registradas a menos de 3 minutos de duración (figura 4-4). Las interrupciones de una hora o de una mayor duración están representadas por sólo el 8% de las interrupciones experimentadas en el sector Industria. Vale la pena recalcar este hallazgo, ya que estas interrupciones menores a tres minutos de duración, no son registradas en las estadísticas de interrupciones de empresas distribuidoras y no son sujetas a penalización o compensación proporcional a los costos experimentados por el abonado y afectan notablemente los procesos operativos o productivos de las empresas.
  
- ❖ Para cada sector, puede verse con claridad que un buen porcentaje de la factura eléctrica que se cancela anualmente por las empresas, por ejemplo en las empresas industriales (CPM); el 13% de la factura cancelada es consecuencia por pérdidas de interrupciones y fenómenos de PQ, una situación más favorable se observa para el sector de Servicios esenciales (F&ES) en donde sólo un 7% de su factura promedio anual es cancelada; encontrando la situación más crítica para las empresas de economía digital (DE) en las cuales un 24% de su factura anual es pagada por pérdidas de interrupciones y fenómenos de PQ; las compensaciones hechas por las compañías distribuidoras son bastante bajas en cada uno de los sectores. En contraste se observa que las compensaciones promedio hechas por sector son mayores de lo esperado, sobre todo en el sector de Procesos de fabricación continua (CPM) donde se observa una compensación promedio

del 16.5% de los costos de interrupciones y fenómenos de calidad de energía, un valor bastante parecido al obtenido para las empresas del sector de Fabricación y servicios esenciales ( F&ES) , con un 16.11% de compensación y finalmente las empresas de Economía digital que perciben una compensación mínima de 9.6% de sus costos promedios de interrupciones y fenómenos de PQ anuales.

- ❖ los costos anuales incrementan por empresa en función de su consumo los cuales se vuelven sustancialmente mayores al superar los 500 MWh anuales.
- ❖ Las empresas pertenecientes a los sectores de CPM, F&ES y DE, colectivamente, representan a aproximadamente 727 empresas en El Salvador con un promedio anual de pérdidas entre interrupciones al servicio eléctrico y fenómenos de baja calidad de energía, de alrededor de 10 millones de dólares en el sector industria como se muestra en la figura 4-8
- ❖ La encuesta estima la cantidad de problemas de PQ experimentados en un año típico por rangos, por ejemplo: 0, de 1 a 9; de 10 a 19; se determina un número promedio de eventos usando el punto medio de cada rango. Usando esta aproximación, el promedio de empresas de CPM o clientes industriales experimentan alrededor de 30 problemas de PQ anuales.
- ❖ El síntoma más común detectado en los problemas de PQ son aquellos experimentados cuando las luces parpadean, es decir el efecto flicker, y disparo de protecciones. Otros resultados comunes resultan en el bloqueo o reinicio de computadoras y empleados que experimentan descargas eléctricas al tocar el equipo.

- ❖ Como fenómenos reportados de PQ; el bloqueo y reinicio de computadoras se presenta con mayor frecuencia en las empresas de Economía Digital, pero el daño a las computadoras y controles electrónicos es igual común en los sectores de CPM y F&ES (se presumen los mayores daños en elementos de control electrónicos). El daño a motores u otro equipo es ligeramente más común en empresas de F&ES, igualmente un comportamiento eléctrico anormal en un motor (detenido espontáneo, aceleración o disminución de su velocidad) ocurre más a menudo en empresas de CPM.
- ❖ Las empresas de CPM tienen el costo promedio anual, por problemas de PQ, más alto por mucho, con una pérdida promedio de \$21,892 por año. Los costos más bajos, sorprendentemente, están en el sector de DE. Esto sugiere que el daño a equipo industrial por problemas de PQ es típicamente mayor a el costo de daño de computadoras o la pérdidas de producción que pueda sufrir una empresa de Economía Digital.
- ❖ En relación a los costos experimentados por fenómenos de PQ, un promedio anual de \$16,481 de costos por problemas de PQ, las empresas de estas tres categorías colectivamente pierden \$741,660 al año por mala calidad de energía. Como se muestra en la figura 5-4, el sector de CPM acumula la mayoría de estos costos. El sector F&ES tiene pérdidas más grandes anualmente que las de DE, aunque los costos individuales por establecimiento sean menores. Esto es porque el número de empresas de DE es actualmente, mayor al de las empresas de CPM.
- ❖ Los costos aumentan a partir de los 50MWh la diferencia se observa más dramáticamente a niveles de 500 MWh. La Figura 5-3 subraya el enlace entre los costos por PQ y el tamaño de la empresa Asociándolo a su consumo de energía.

## REFERENCIAS

1. SIGET. Norma de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución. Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, Acuerdo 192-E-2004.
2. CEIDS. The Cost of Power Disturbances to Industrial & Digital Economy Companies. June 2001, EPRI, 2412 Hillview Avenue palo Alto, California 94303. USA.
3. Orellana et al. "Requerimientos de Calibración en DC y Baja Frecuencia en los Sectores Industria y Comercio en El Salvador. FIA-UES 2004.
4. DIGESTYC-VII censos económicos 2005.

## Anexo A - Depuración por Sector

	Sectores	N° de Establecimientos
<b>Sector Industrial</b>	<b>Total</b>	<b>22788</b>
15 Elab. de productos alimen. y bebida	CPM	12394
16 Elab. productos de tabaco	CPM	66
17 Fab. de productos textiles	CPM	341
18 Fab.prend.vestir, adobo y teñ.piel	CPM	3537
19 Curt.adobo de cuero,product.talabar	CPM	148
20 Fab.Product.mader,paja y mat.tren	CPM	193
21 Fab. de papel y productos de papel	CPM	41
22 Acts.edic.e impre.y reproduc.c.graba	F&ES	449
23 Fab.de product.refin.petrol. y comb	CPM	4
24 Fab. de sustancias y prod. químicos	CPM	149
25 Fab. de product. de caucho y plásti	CPM	89
26 Fab.otros product.miner. no metalic	CPM	1171
27 Fab. de metales comunes	CPM	16
28 Fab.product.metal excpto.maq.equipo	CPM	2008
29 Fab. maquinaria y equipo N.C.P.	CPM	301
31 Fab.maq.aparatos eléctricos N.C.P.	CPM	26
32 Fab.equ.aparat.radio,tv. y comunic.	DE	19
33 Fab.instrum.médic.óptic.fab.reloj	DE	25
34 Fab.veh.autom.remolq.semiremolq.	CPM	43
35 Fab. otros tipos eq. de transporte	CPM	15
36 Fab. muebles, indust.manufac.N.C.P.	CPM	1745
37 Reciclamiento	CPM	8

<b>Sector Agroindustria</b>	<b>Total</b>	<b>71</b>
014004 Beneficiado de café.	F&ES	51
014007 Beneficiado de arroz.	F&ES	10
154201 Fabricación y refinación de azúcar de caña y otros subproductos . (Ingenios azucareros).	No Aplica	8
154908 Tostaduría y molienda de café.	No Aplica	2

<b>Sector Comercio</b>	<b>Total</b>	<b>115540</b>
50 Vta.mtto.veh.motoci.y vta.combust	No Aplica	7248
51 Comerc.mayor y comis.expto.veh.moto	No Aplica	1516
52 Comerc.menor expto.veh.motoc.repar.	No Aplica	106776

<b>Sector Servicio</b>	<b>Total</b>	<b>32180</b>
55 Hoteles y Restaurantes	DE	13526
65 Interm.financ.expto.plan.segur.pens	DE	786
66 Seguros y Pensiones	DE	62
67 Act. aux. interme. financiera	DE	67
70 Actividades Inmobiliarias	No Aplica	375
71 Alquiler de equipo de transporte	No Aplica	457
72 Informática y actividades conexas	DE	221
73 Investigación y desarrollo	No Aplica	2
74 Otras actividades empresariales	No Aplica	4131
80 Enseñanza	No Aplica	1137
85 Servicios sociales y de salud	F&ES	5617
90 Elimin.desper.aguas residual.saneam	F&ES	3
91 Actividades de asociacion N.C.P.	No Aplica	7
92 Act. esparc.act.culturales y deport	F&ES	904

93 Otras actividades de servicio	No Aplica	4885
----------------------------------	-----------	------

<b>Sector Minas y Canteras</b>	<b>Total</b>	<b>8</b>
14 Explo. de otras minas y canteras (1410 Extrac. piedra, arena y arcilla)	CPM	8

<b>Servicio de Electricidad</b>	<b>Total</b>	<b>79</b>
401001 Generación de energía eléctrica de origen hidráulico.		11
401002 Generación de energía eléctrica de origen geotérmico.		2
401008 Transmisora y distribuidora de energía eléctrica.		26
401009 Planta generadora y distribuidora de energía.		6
401011 Comercialización e intermediación bursátil de energía eléctrica.		33
410001 Suministro de agua: captación, depuración y distribución.	F&ES	1

<b>Servicio de Construcción</b>	<b>Total</b>	<b>447</b>
45 Construcción	F&ES	447

<b>Servicio de Transporte</b>	<b>Total</b>	<b>4065</b>
60 Transp.vía terres. transp. por tube	No Aplica	2457
61 Transporte por vía acuática	F&ES	15
62 Transporte por vía aérea	F&ES	4
63 Act.transp.complemen.act.agen.viaje	DE	592
64 Correo y Telecomunicaciones (6420 Telecomunicaciones 829)	Total	997
	6411 Actividades postales nacionales	1

